

T-UES
1501
A677d
2001
Ej. 2

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
INGENIERIA CIVIL**



**DISEÑO DE LECHADAS DE ALTO DESEMPEÑO PARA LA
INYECCIÓN EN ELEMENTOS POST-TENSADOS**

PRESENTADO POR

CARLOS ERNESTO ARDON

NELSON WILFREDO SERRANO MARTINEZ

SALVADOR ANTONIO VEGA FIGUEROA

15101713

15101713

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL



-4935

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DE 2001



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA

:

Dra. María Isabel Rodríguez

SECRETARIA GENERAL:

Lcda. Lidia Margarita Muñoz Vela

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO

:

Ing. Alvaro Antonio Aguilar Orantes

SECRETARIO

:

Ing. Saúl Alfonso Granados

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR

:

Ing. Luis Rodolfo Nosiglia Durán

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:

INGENIERO CIVIL

Título:

**DISEÑO DE LECHADAS DE ALTO DESEMPEÑO PARA LA INYECCIÓN EN
ELEMENTOS POST-TENSADOS**

Presentado por:

**CARLOS ERNESTO ARDON
NELSON WILFREDO SERRANO MARTINEZ
SALVADOR ANTONIO VEGA FIGUEROA**

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinador:

ING. JOSE MIGUEL LANDAVERDE QUIJADA

Asesor Externo:

ING. PORFIRIO LAGOS VENTURA

Asesor Externo:

ING. MAURICIO ISAIAS VELÁSQUEZ PAZ

San Salvador, Enero de 2001

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Coordinador:



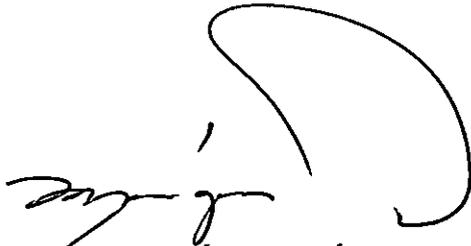
ING. JOSE MIGUEL LANDAVERDE QUIJADA

Asesor Externo:



ING. PORFIRIO LAGOS VENTURA

Asesor Externo:



ING. MAURICIO ISAÍAS VELÁSQUEZ PAZ



RECONOCIMIENTOS

A nuestro centro de estudios "UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR", por proporcionarnos la formación académica y todo su equipo de laboratorio para la realización de este trabajo de graduación.

- AL ING. JOSE MIGUEL LANDAVERDE QUIJADA.

Coordinador del Trabajo de Graduación, por su colaboración y orientación durante el desarrollo de la investigación.

- AL ING. PORFIRIO LAGOS VENTURA.

Asesor Externo, que nos orientó en todo momento y por dedicar parte de su valioso tiempo para la realización del presente trabajo de graduación

- AL ING. MAURICIO ISAÍAS VELÁSQUEZ PAZ

Asesor Externo, que nos orientó y apporto ideas valiosas en la elaboración de este trabajo de graduación.

Además deseamos reconocer nuestros agradecimientos a todas aquellas personas e instituciones que hicieron posible el desarrollo y culminación de este trabajo de graduación. Nuestros mas sinceros agradecimientos.

- Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto (ISCYC)

Por proporcionarnos la Bibliografía básica para fundamentar la investigación sobre lechadas de inyección.

- Cementos de El Salvador S. A. (CESSA)

Por suministrarnos el cemento Portland tipo I (CESSA 5000) Usado en el desarrollo de esta investigación.

- Al Ing. Mario Angel Guzmán Urbina

Por prestarnos su equipo de laboratorio sin costo alguno y por su apoyo incondicional a la investigación.

Al Ing. Luis Edgardo Lima

Por su conocimiento y ayuda en los ensayos de laboratorio que se realizaron en este trabajo de graduación.

Al Ing. Rolando España

Por su valioso aporte en el análisis estadístico incluido en este trabajo de graduación.

A todos las mas sinceras gracias.

DEDICATORIA

Agradezco:

A DIOS TODO PODEROSO : Por haber iluminado mi camino para llegar hasta el final, dándome sabiduría, salud y fortaleza para terminar mi carrera .

A MI MADRE : Carmen, por todos los sacrificios realizados durante toda su vida, dándome su apoyo incondicional por lo que dedico este triunfo.

A MI PADRE : Isabel de Jesús Deras

A MIS HERMANOS: Flor y Francisco, Especialmente a Flor por su ayuda incondicional brindada en el transcurso de mi carrera y por apoyarme el seguir adelante.

A MI ESPOSA : Yanira, por su Amor, Paciencia y Compresión, ya que siempre estuvo pendiente de que finalizara mi carrera.

A MI HIJO: Carlos Eduardo, a quién quiero mucho, y me motivó a seguir adelante

A MIS COMPAÑEROS: Salvador y Nelson, porque gracias también al esfuerzo de ellos, fue posible realizar este trabajo.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS: Que siempre estuvieron pendientes de los esfuerzos realizados, y que de una u otra manera me dieron su apoyo.

CARLOS ERNESTO

DEDICATORIA

A DIOS :

Por estar siempre en todos los momentos de mi vida, dándome la fortaleza espiritual y conocimiento para salir adelante a lo largo de mi carrera.

A MI MADRE MARIA ESMERALDA MARTINEZ :

Por su amor, esfuerzo y dedicación que siempre me ha brindado para salir adelante en la vida. Gracias Madre.

A MI PADRE SECUNDINO SERRANO :

Aunque no este presente, te agradezco por el apoyo que en tu oportunidad me diste. Te recordare siempre.

A MI ESPOSA SANDRA :

Por dedicarme parte de su vida y ayudarme a salir adelante en el desarrollo de mi carrera, por ser parte de este triunfo, por estar siempre en los buenos y malos momentos.

A MI HIJA VIRGINIA ANDREA :

Por que su existencia ha sido motivo para salir adelante, por ser el mejor regalo que me ha dado la vida, por que en el futuro pueda recuperar el tiempo que no te he dedicado.

A MIS HERMANOS GUADALUPE, MAURICIO Y NICOLAS :

Por haberme apoyado en el transcurso de mi formación académica y por los consejos que de ellos recibí. Gracias.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS :

Por haber logrado juntos llegar a la meta.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS

A quines no menciono, pero agradezco toda su colaboración y amistad.

NELSON

DEDICATORIA

Agradezco:

A Dios todopoderoso por habernos dado la iluminación, fuerza y paciencia en la realización de este trabajo.

A MIS PADRES:

Salvador Vega y Vilma Asunción Figueroa, por su esfuerzo, sacrificio, comprensión y apoyo. A quienes dedico este triunfo.

A MI NOVIA:

Iris Beatriz, por apoyarme siempre y tener mucha paciencia en la obtención de este triunfo.

A MI HERMANO:

Juan Carlos, por su apoyo y por seguir los mismos pasos.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS:

Por la oportunidad que me brindaron de incorporarme a su grupo.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS:

Que siempre me apoyaron brindándome toda su colaboración y amistad.

SALVADOR

RESUMEN

El presente trabajo de graduación; "Lechadas de Alto Desempeño para la Inyección en Elementos Postensados", consiste en una investigación sobre el uso de diferentes diseños de lechadas, usando diferentes materiales en cada una de las mezclas de lechada analizadas, variando de una mezcla de lechada a otra la relación agua-cemento o agua-materiales cementantes, así como también las cantidades de materiales utilizadas en cada una de ellas.

El primer capítulo de este Trabajo de Graduación, consiste en una recopilación de información histórica sobre la evolución del concreto preesforzado, tanto en El Salvador como en el resto del mundo. También se desarrolla el planteamiento del problema y su justificación, se plantean además los objetivos que se pretenden alcanzar con el desarrollo de esta investigación, la metodología empleada para lograr la información requerida y los alcances y limitaciones que delimitan el desarrollo de este trabajo.

El segundo capítulo contiene el marco teórico que da a conocer un panorama amplio de lo que son las lechadas de inyección que se utilizan en diferentes áreas de la ingeniería civil, se da una definición en general de lo que es una lechada así como de los materiales que componen una mezcla de este tipo. Por último se dan a conocer algunos tipos de aplicaciones de lechadas.

En el capítulo tercero se dan a conocer las pruebas realizadas a los diferentes materiales utilizados en la elaboración de las mezclas de lechada. Para una mejor comprensión de estas pruebas se han tabulado los datos más importantes para cada prueba.

En el capítulo cuarto se presenta el análisis de los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a los materiales (arena y cemento), las cuales han servido de parámetro para la aceptación o rechazo de estos. También se analizan los resultados obtenidos de las mezclas de lechada, tanto en estado fresco como en estado endurecido.

En el quinto capítulo se lleva a cabo el análisis estadístico de los resultados obtenidos de la prueba a compresión de los especímenes de lechada elaborados para esta prueba. Además se presentan las gráficas de comparación de cada una de las lechadas.

INDICE GENERAL

1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.4 JUSTIFICACIONES	6
1.5 OBJETIVOS	8
1.6 METODOLOGÍA EMPLEADA	9
1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES	11

CAPITULO II: "GENERALIDADES SOBRE LECHADAS"

2.1 INTRODUCCION	13
2.2 Definición de Lechada	14
2.3 Materiales Utilizados en la Elaboración de Lechadas	14
2.3.1 Agua	14
2.3.2 Cemento	16
2.3.2-1 Cementos Pórtland	16
2.3.2-2 Cemento Portland Tipo I	18
2.3.2-3 Propiedades del Cemento Pórtland	18
2.3.3 Aditivos	23
2.3.3-1 Razones para el uso de Aditivos	24
2.3.3-2 Aditivos Especiales para Lechadas de Alto Desempeño	25

2.3.3-3 Efectos en el Concreto Debido a los Aditivos Minerales	34
2.4 Propiedades de la Lechada	35
2.4.1 Consistencia	35
2.4.2 Trabajabilidad y Tiempo de Trabajo	37
2.4.3 Sangrado, Asentamiento y Retención de Agua	38
2.4.4 Fraguado y Endurecimiento	40
2.4.5 Resistencia	42
2.4.6 Cambios de Volumen	44
2.4.7 Aumento de Temperatura	48
2.4.8 Durabilidad	49
2.4.9 Permeabilidad	49
2.5 Diferentes Tipos de Lechadas	50
2.5.1 Lechadas para la Impermeabilización de Suelos	50
2.5.1-1 Lechadas de Arcilla Cemento-Utilizadas para la Impermeabilización De Suelos	51
2.5.1-2 Parámetros de Diseño	54
2.5.2 Lechadas para Restaurar Grietas en Obras de Mampostería de Piedra	56
2.5.3 Lechadas para Rellenar Celdas de Muros de Mampostería	57
2.5.3-1 Componentes de la Lechada	57
2.5.3-2 Clasificación de las Lechadas	59
2.5.3-3 Colocación de la Lechada	60
2.5.4-4 Muestreo y Ensaye	61

2.6	Aplicación a Elementos Postensados	62
2.6.1	Ductos	66
2.6.2	Materiales	68
2.6.3	Equipo de Relleno	69
2.7	Lechadas Utilizadas en Placas de Base y Pernos de Anclaje	71
2.7.1	Preparación	72
2.7.2	Colocación	73
2.7.3	Protección	76
2.8	Lechadas Utilizadas en Anclajes en Suelos	77
2.8.1	Revisión Geológica	78
2.8.2	Mezclado del Mortero o Lechada	78
2.8.3	Perforación	79
2.8.4	Aplicación de Mortero o Lechada	79

**CAPITULO III “PRUEBAS DE LABORATORIO PARA DETERMINAR LAS
PROPIEDADES MECANICAS DE LAS LECHADAS”**

3.1	INTRODUCCION	80
3.2	Descripción del Trabajo Experimental	81
3.3	Pruebas de Laboratorio a los Componentes	82
3.3.1	Agregado Fino	83
3.3.1-1	Impurezas Orgánicas en Agregado Fino para Concreto (Colorimetría)	
	ASTM C-40	85

3.3.1-2 Análisis Granulométrico del Agregado Fino	87
3.3.1-3 Gravedad Especifica y Absorción de los Agregados Finos	92
3.3.1-4 Peso Unitario del Agregado Fino	95
3.3.1-5 Contenido de Humedad del Agregado Fino	97
3.3.2 Cemento	97
3.3.2-1 Consistencia Normal del Cemento	100
3.3.2-2 Tiempo de Fraguado del Cemento por Medio de la Aguja de Vicat	102
3.3.2-3 Prueba para Determinar el Peso Especifico del Cemento Hidráulico	104
3.3.2-4 Pérdida por Ignición del Cemento Hidráulico	105
3.3.3 Aditivos y Adiciones	106
3.4 Elaboración de Mezclas de Lechadas de Alto Desempeño	108
3.4.1 Dosificación y Mezclado de la Lechada	120
3.4.2 Fluidez y Temperatura de la Lechada	124
3.4.3 Fabricación de Especímenes de Prueba	126
3.4.4 Lechada Endurecida	128
3.4.4-1 Curado de Especímenes de Prueba	128
3.4.4-2 Cabeceado de los Especímenes de Prueba	129
3.4.4-3 Ensayo de Resistencia a la Compresión	131

CAPITULO IV “ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS MEZCLAS DE LECHADA”

4.1 INTRODUCCION	148
4.2 Análisis de Resultados Obtenidos en las Pruebas a los Componentes	149
4.2.1 Resumen de los Resultados Obtenidos en las Pruebas a los Componentes	150
4.2.2 Agregado Fino	150
4.2.3 Cemento	153
4.3 Análisis de Resultados Obtenidos en la Elaboración de Mezclas de Lechada.	155
4.3.1 Resumen de las Proporciones de las Mezclas Elaboradas	155
4.3.2 Comportamiento de la Lechada en Estado Fresco	156
4.3.2-1 Observaciones en la Dosificación y Mezclado de la Lechada	156
4.3.3 Comportamiento de la Lechada en Estado Endurecido	159
4.3.3-1 Ensayo de Resistencia a la Compresión	159
4.3.3-2 Resistencia a Compresión Obtenidas a Diferentes Edades	159

CAPITULO V “ANALISIS ESTADÍSTICO Y GRAFICOS COMPARATIVOS DE LAS MEZCLAS DE LECHADA”.

5.1 Análisis Estadístico	161
5.1.1 Conceptos Estadísticos Básicos	161
5.1.2 Técnicas Estadísticas	163
5.2 Análisis Estadístico de la Lechada a Compresión	165
5.3 Análisis Estadístico Aplicado a los Diferentes Tipos de Lechadas	169

5.4 Gráficas Comparativas de Resistencia a la Compresión de Mezclas de Lechadas	194
CONCLUSIONES	201
RECOMENDACIONES	204
BIBLIOGRAFÍA	206
ANEXOS	208

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

El uso de lechadas de cemento ó morteros de inyección en diferentes procesos constructivos en el campo de las obras civiles, ha constituido un verdadero tema de investigación, ya que el diseño de estas irá en función de la aplicación requerida, por lo que se debe tener un amplio conocimiento de todos los materiales que se utilizan para la fabricación de lechadas, así como de las características propias de cada uno de ellos.

El desarrollo de este capítulo trata sobre las Generalidades de la investigación, conteniendo seis apartados donde se engloban los aspectos básicos. En primer lugar se da a conocer un panorama general de los antecedentes históricos sobre el tema de investigación. En la justificación y planteamiento del problema, se plantea la necesidad de investigar sobre Lechadas de Alto Desempeño. Otro apartado son los objetivos que constituyen la base del estudio y donde se marca el punto de partida para el desarrollo de este trabajo de investigación. Con respecto a los alcances del trabajo estos guardan estrecha relación con los objetivos estableciendo en base a estos lo que se pretende alcanzar al final. Por ultimo se tienen las limitaciones donde se enuncian todos aquellos aspectos que podrían obstaculizar esta investigación

1.2 ANTECEDENTES

La teoría del concreto presforzado se comienza a desarrollar a partir del año de 1866; siendo hasta el año de 1928, cuando algunos ingenieros lograron realizar pruebas a obras de infraestructura tales como puentes. Gracias a la disponibilidad del acero de alta resistencia, así como del concreto de alta calidad, se pueden crear hoy en día elementos estructurales preesforzados. La teoría del preesfuerzo ha creado una revolución en el arte de la construcción. Este método de construcción fue desarrollado principalmente por ingenieros europeos, captando posteriormente el interés del resto del mundo.

En Estados Unidos por ejemplo se había anticipado algún uso del concreto preesforzado en la construcción de depósitos para agua, tuberías a presión y pilotes, pero fue hasta 1951 cuando realmente se perfeccionó, al terminar la construcción de un puente, que se destaca particularmente por ser la primera estructura de concreto preesforzado.

En la década de los 50's se creó una sociedad internacional, de ingenieros cuyo objetivo principal de este grupo de ingenieros visionarios era el de diseminar el mensaje e iluminar al mundo acerca del concepto relativamente desconocido de la construcción con concreto preesforzado, lo cual se llevaría a cabo alentando la integración de grupos

nacionales de todos los países que tuvieron particular interés en el asunto y facilitando de esta manera el intercambio de información.

El concreto preesforzado ha hecho posible tanto la aparición de nuevos métodos de construcción como el que se diseñen tipos enteramente nuevos de estructuras, las que no hubiesen sido concebidas sin él. Existe todavía mucho por hacer en el trabajo detallado de refinar el preesfuerzo y aún mas para extender su uso.

Entre las aplicaciones más grandes y útiles que se han llevado a cabo a nivel mundial utilizando el preesfuerzo están las grandes estructuras marítimas y estaciones de energía nuclear.

En nuestro país la aplicación de concreto preesforzado, llegó a principios de la década de 1950 y así en el año de 1953 se construyó el puente sobre el Río las Cañas y en 1954 el puente sobre el Río Metayate, ambos en la carretera Troncal del Norte.

En los años de 1955 a 1960 se construyeron los puentes postensados en la carretera del litoral. En el año de 1958 se construyó un pequeño puente cajón en el Ingenio El Paraisal, y fueron estos mismos constructores quienes fabricaron las viguetas preesforzadas que se conocían comercialmente como "Viguetas Maestro Prefa" (1959). En el año de 1961 se ocupó preesfuerzo en los techos metálicos del Edificio Administrativo de CEPA en Acajutla.

En 1962 se construyó el puente-túnel del aeropuerto de Ilopango, ocupando en su construcción presfuerzo aplicado por medio de barras. En el año 1972 se construyó el puente Colón en la carretera San Salvador – Santa Ana. Entre los años de 1975 a 1977 se construyeron los puentes en doble voladizo sobre los ríos Acelhuate y Lempa en la carretera Troncal del Norte; en esos mismos años se ocupó presfuerzo en el puente del vertedero de la Presa El Cerrón Grande, como también en el de la Presa San Lorenzo.

Y Así sucesivamente podemos mencionar muchas obras mas, hasta llegar a finales de la década de 1990, exactamente entre los años 1998 y 1999 con la construcción de los puentes Cuzcatlán sobre el río Lempa en la carretera Panamericana, y el puente San Marcos Lempa sobre el río Lempa en la carretera Litoral. Así como también se han utilizado elementos postensados en la construcción de los pasos a desnivel en el área Metropolitana de San Salvador.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En nuestro país se están construyendo obras de infraestructura, en las cuales se está utilizando elementos de concreto preesforzado tales como vigas tipo cajón y AASHTO.

En vista de que en El Salvador no se han realizado investigaciones específicas para la construcción de elementos de concreto postensados que conforman una obra civil, se hace indispensable conocer algunas variables ó parámetros de los procesos

constructivos utilizados en una obra de este tipo. El preesfuerzo en un elemento estructural puede darse de dos formas: Pretensados y postensados con elementos estructurales de este tipo.

Debido a lo novedoso del tema de ésta tecnología en el país, surge la iniciativa e interrogante de Ingenieros Supervisores y Diseñadores, sobre que normas aplicar al momento de hacer diseños ó revisión de lechadas de cemento utilizadas en elementos postensados.

Es por esta razón que nuestro principal tema de estudios serán los elementos postensados. En términos generales el problema que se plantea se refiere a la necesidad de proponer un trabajo de investigación el cual consistirá en la revisión y calidad requerida de la lechada que se utiliza para inyectar en ductos con torones en elementos de concreto postensados, tales como vigas tipo cajón y AASHTO, según las normas mas usadas en nuestro medio tales como: ASTM, AASHTO y especificaciones de comités ACI.

Para lo antes expuesto se hace necesario investigar ciertos parámetros específicos muy importantes tales como: Calidad y Cantidad de los materiales a utilizar, dosificación, etc.

Este trabajo consistirá en la revisión de diseños de lechadas de cemento normales y de alto desempeño que será el producto de investigaciones y pruebas de laboratorio, que redunden en un diseño óptimo.

1.4 JUSTIFICACIONES

En todo proyecto de obra civil existen especificaciones que condicionan algunos procesos constructivos, por lo tanto, para que un determinado proyecto, se desarrolle adecuadamente, es necesario que se sigan los procedimientos establecidos en base a normas y especificaciones técnicas ya establecidas.

Cuando se diseñan mezclas de concreto, mortero, lechada, etc., existen especificaciones técnicas basadas en pruebas de laboratorio que se han llevado con anterioridad para poder proponer un diseño de mezcla definitivo que cumpla con todas las normas establecidas y especificaciones técnicas que se requieren en un determinado proyecto.

En otros países, donde se construyen elementos postensados, han sido objeto de pruebas y estudios los procedimientos de fabricación y colocación de estos elementos con el objeto de garantizar que la estructura se comporte tal como fue diseñada. La lechada que se utilizan para la inyección en los ductos de los torones, deben cumplir con ciertos requerimientos establecidos por los comités ACI-318 y ACI 301.

En los últimos años en el país se están utilizando algunas técnicas nuevas para la construcción de obras de infraestructura, las cuales requieren de ciertos conocimientos técnicos por parte de los profesionales involucrados en estos proyectos. Entre los aspectos técnicos de los cuales se tiene poco conocimiento se encuentran, el de las lechadas de inyección utilizadas en elementos postensados.

En el país se está adoptando la tecnología del postensado por ser sistema constructivo rápido y sofisticado. A la vez que se hace necesario hacer pruebas e investigaciones sobre la aplicación de lechadas de alto desempeño en estos elementos.

En vista de que actualmente en el país, las empresas constructoras que hacen inyecciones con lechadas, se basan en literatura, sobre investigaciones de lechadas llevadas a cabo en otros países, lo cual hace necesario que se desarrollen estas investigaciones sobre lechadas para la inyección adaptadas específicamente a las condiciones que rigen en nuestro medio.

Lo anteriormente dicho nos da la pauta, para desarrollar este tema de investigación que será de mucho beneficio en el desarrollo técnico del concreto preesforzado, que se utilizará en las obras de infraestructura que se desarrollen en el futuro próximo en El Salvador.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVOS GENERALES:

- 1) Determinar mediante ensayos de laboratorio las proporciones de cemento o materiales cementantes, agua y aditivos para lechadas de alto desempeño a usar en la inyección de ductos en elementos postensados.
- 2) Proponer el procedimiento adecuado para llevar a cabo la elaboración de la lechada que se utilizan para la protección de los tendones en los ductos.
- 3) Determinar la relación agua-cemento o agua-materiales cementantes óptima para este tipo de lechadas.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- 1) Determinar la relación agua-materiales cementantes (A/MC) óptima basado en lo que establece el comité ACI-301 para lechadas de inyección en elementos postensados.
- 2) Determinar la resistencia de las lechadas bajo normas establecidas Europeas-americanas con materiales extranjeros y materiales nacionales.

- 3) Determinar la fluidez de la lechada, de manera que pueda inyectarse sin ninguna dificultad.
- 4) Comparar resultados de pruebas realizadas en lechadas de alto desempeño diseñadas con productos extranjeros y productos nacionales.

1.6 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

Para la realización del trabajo de investigación se utilizarán métodos, técnicas, instrumentos y equipo de laboratorio que permitirán desarrollar un estudio a nivel teórico y experimental en el campo de la Ingeniería civil, y específicamente en el área de la tecnología de concreto. Permitiendo elaborar un estudio sistemático para el uso óptimo y eficiente de lo que son las lechadas de alto desempeño en elementos postensados y anclajes.

Se realizarán pruebas con materiales usados por las empresas extranjeras, que realizan obras en el país y las otras pruebas se realizarán con materiales del país (Cemento y Arena) para comparar resultados, con los resultados obtenidos con materiales nuestros.

1.6.1 RECOLECCION DE DATOS

La recolección de datos se hará de la siguiente manera:

Investigación bibliográfica:

En esta investigación se obtendrán datos relacionados con el tema de diferentes publicaciones: Libros, Tesis, Revistas, Boletines; documentos de Asociaciones, Profesionales y el uso de Internet.

Investigación de Laboratorio:

Esta Investigación se efectuará mediante pruebas que permitan determinar la calidad de los materiales y propiedades (químicas y físicas) usadas en la elaboración de lechadas. Estas pruebas se efectuarán cumpliendo las normas o reglamentos establecidos por normas ASTM y comités ACI.

Entre las pruebas que nos permitirán recolectar datos para nuestra investigación, podemos citar: Fluidez, sedimentación, Resistencia a la compresión.

Investigación de campo:

Se llevará a cabo mediante visitas a proyectos donde se haga uso de lechadas de alto desempeño, así como también a empresas que se dediquen a la fabricación de elementos postensados en nuestro país.

Análisis de Resultados:

Los datos obtenidos de los distintos ensayos a realizar en el laboratorio serán tabulados y graficados, para así tener una mejor ilustración de los resultados e interpretación de los mismos.

1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.7.1 ALCANCES:

Existen diferentes aplicaciones de lechadas de alto desempeño de las cuales podemos mencionar:

- a. Inyección en ductos de elementos Postensados (Vigas Cajón, AASHTO.
- b. Anclajes de elementos que conforman una obra civil.
- c. Inyección en Roca Fracturada y en grietas de elementos de concreto.
- d. Inyección en boleos y grava con el propósito de sustituir además en excavaciones.

En el presente trabajo se hará una revisión de diseños de lechadas aguantantes, que se utilizan en el medio en la inyección de ductos en elementos postensados tales como vigas tipo cajón y AASTHO.

El resultado final de esta investigación, será válido solo para lechadas de alto desempeño, las cuales se caracterizan por tener alta resistencia a la compresión, baja cantidad de cales libres y durabilidad.

1.7.2 LIMITACIONES:

- a. Debido a lo poco conocido del tema es que las empresas constructoras y bibliotecas de Universidades Nacional y Privadas poseen poca información.
- b. Existen pocos recursos tecnológicos en nuestro país para hacer ensayos de laboratorios y de campo para este tipo de lechadas.
- c. Debido a la poca divulgación del tema en nuestro medio, es que existe escasez de profesionales en la ingeniería civil especializados en este tipo de obras civiles.

CAPITULO II

GENERALIDADES SOBRE LECHADAS

2.1 INTRODUCCION

Este capítulo trata de dar a conocer un panorama amplio de lo que son las lechadas de inyección que se utilizan en diferentes áreas de la ingeniería civil. Para ello se ha comenzado con la definición de lo que es una lechada en general, se han descrito cada uno de los materiales que se utilizan en la fabricación de estas así, como las propiedades de cada uno de ellos. También se describen algunas formas de colocación de lechadas hechas solamente con agua, cemento, arena y/o gravilla que se utilizan en rellenos de celdas en muros y paredes de mampostería, lechadas para estabilizar suelos y lechadas para rellenar grietas o fisuras en obras de concreto. Mas adelante se describen las lechadas utilizadas en la fabricación de estructuras postensadas en esta parte se describen las características propias que requieren la fabricación de estas lechadas así como los tipos de material utilizados, métodos de inyección, etc. Por ultimo se habla de lechadas utilizadas en pernos de anclaje y placas de base de columnas estructurales, adonde se hace énfasis en algunos aspectos importantes como son la preparación, colocación y protección de las lechadas utilizadas para estos fines.

2.2 DEFINICION DE LECHADA:

La lechada o mortero fluido consiste en una mezcla de cemento o materiales cementantes, agregado fino, cal, aditivos y suficiente agua para que pueda ser fluida y fácilmente colocada sin obtener segregación.

2.3 MATERIALES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE LECHADAS.

2.3.1 AGUA.

Casi cualquier agua natural que sea posible y que no tenga un sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir lechadas. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para la lechada.¹

La calidad del agua de mezclado es muy importante, pues cualquier sustancia dañina que contenga aún en proporción pequeña puede tener significativos efectos en las propiedades de la lechada. Según el comité ACI-363 los requisitos de calidad del agua para lechadas son similares a los del concreto convencional.

Usualmente se especifica que el agua para concreto debe ser apta para consumo humano, aunque esta afirmación es cierta, no debe tomarse como absoluta debido a que

¹ "Agua de Mezclado para el Concreto." Diseño y Control de Mezclas de Concreto- Steven H. Kosmatka y William C. Panarese, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Pag. No. 27.

hay aguas potables que contienen Nitratos o pequeñas cantidades de azúcares que no afectan el consumo humano pero son inadecuadas para el concreto.

Cuando se habla de agua para el concreto, se puede pasar por alto el aspecto bacteriológico, ya que el ph alcalino del concreto inhibe completamente la colonización de bacterias, por eso es más importante tomar en cuenta las características fisico-químicas de esta y sus efectos en el concreto. La presencia de sólidos inorgánicos, cloruros, sulfatos y dióxido de carbono se tolera y aún no hay consenso generalizado a limitar su contenido en el agua de mezclado a determinados rangos. En lo que sí todos concuerdan evitar son los contenidos de grasas, aceites, azúcares ácidos, estas sustancias se consideran altamente nocivas al concreto y su sola presencia se toma como síntoma de contaminación en aquellas aguas que se destinan para las mezclas de concreto.

Es recomendable que cualquier agua de origen dudoso sea sometida a un análisis comparativo de laboratorio identificando y cuantificando sustancias e impurezas dañinas al concreto. La norma ASTM C-109 resulta adecuada cuando hay dudas sobre el agua, se pueden fabricar cubos de mortero y sí alcanzan una resistencia a los 7 días igual o mayor al 90% de los especímenes testigos hechos con agua destilada, el agua se puede usar en las mezclas de concreto. También es conveniente efectuar el ensaye de la ASTM C-191 para asegurar que el contenido de impurezas no afecte la resistencia del concreto.

2.3.2 CEMENTO.

Cementos Hidráulicos son todos aquellos conglomerantes, que amasados con agua, fraguan y endurecen, tanto expuestos al aire como sumergidos en agua.²

Los elementos fundamentales que se utilizan en la fabricación de los diferentes tipos de cemento y que posteriormente se emplearán en la construcción de elementos y estructuras resistentes de concreto son:

- Clinker
- Regulador de fraguado
- Adiciones hidráulicamente activas:

Escorias granuladas básicas

Puzolanas naturales

Filler

2.3.2-1 CEMENTOS PORTLAND.

Son cementos que se obtienen por molturación conjunta de su clinker y de la cantidad adecuada del regulador de fraguado. Los cementos Portland son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos de calcio hidráulicos. Los cementos hidráulicos fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua. Durante esta

² "Tipos de Cementos." Boletín informativo CONSTRUEXPO 98, ISCYC.

reacción, llamada hidratación, el cemento se combina con el agua para formar una pasta de aspecto similar a una roca. Cuando la pasta (cemento y agua) se agrega a los agregados (arena y grava, piedra triturada u otro material granular) actúa como adhesivo y une a todas las partículas de agregado para formar así al concreto, el material de construcción mas versátil y de mayor uso en el mundo.³

CUADRO 2.1 TIPOS DE CEMENTO PORTLAND ESPECIFICADOS EN LA NORMA ASTM C-150⁴.

TIPO	CARACTERISTICAS
I	Uso general.
II	Moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
III	Alta resistencia inicial (resistencia a compresión).
IV	Bajo calor de hidratación.
V	Alta resistencia a los sulfatos.

CUADRO 2.2 COMPOSICION QUÍMICA, COMPUESTOS Y FINURA DE ALGUNO CEMENTOS TIPICOS.

Tipo de Cemento portland	Composición química, %						Pérdida por Ignición, %	Residuo Insoluble, %	Composición potencial de los compuestos, %				Finura Blaine m ² /kg
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO ₃	CaO	MgO	SO ₃			C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	
Tipo I	20.9	5.2	2.3	64.4	2.8	2.9	1.0	0.2	55	19	10	7	370
Tipo II	21.7	4.7	3.6	63.6	2.9	2.4	0.8	0.4	51	24	6	11	370
Tipo III	21.3	5.1	2.3	64.9	3.0	3.1	0.8	0.2	56	19	10	7	540
Tipo IV	24.3	4.3	4.1	62.3	1.8	1.9	0.9	0.2	28	49	4	12	380
Tipo V	25.0	3.4	2.8	64.4	1.9	1.6	0.9	0.2	38	43	4	9	380
Blanco	24.5	5.9	0.6	65.0	1.1	1.8	0.9	0.2	33	46	14	2	490

³ "Cementos Portland." Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Steven H. Kosmatka y William C. Panarese. Pag. 13 y 16.

⁴ "Tipos de Cemento." Boletín Informativo CONSTRUExPO 98, ISCYC.

2.3.2-2 CEMENTO PORTLAND TIPO I

El cemento portland de tipo I es un cemento de uso general, adecuado para ser empleado cuando las propiedades especiales de los demás tipos de cementos no sean necesarias. Se utiliza en concretos que no sujetos al ataque de factores agresivos tales como el ataque de los sulfatos existentes en el suelo o en el agua o en concretos que tengan un aumento cuestionable de temperatura debido al calor generado durante la hidratación. Entre sus usos se incluyen pavimentos, pisos, edificios de concreto reforzado, puentes estructuras para vías férreas, tanques y depósitos, tuberías, mamposterías, y otros productos de concreto prefabricado.⁵

2.3.2-3 PROPIEDADES DEL CEMENTO PORTLAND.

La mayor parte de especificaciones para el cemento Pórtland limitan su composición química a propiedades físicas. La comprensión del significado de algunas de estas propiedades físicas es útil para interpretar los resultados de las pruebas que se efectúan al cemento. En general, las pruebas de las propiedades físicas del cemento deben ser utilizadas exclusivamente para evaluar las propiedades del cemento mas que para el concreto.

⁵ "Cementos Pórtland." Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Steven H. Kosmatka y William C. Panarese. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Pag. 16.

Entre estas propiedades se encuentran las siguientes:

- a) Finura
- b) Sanidad
- c) Consistencia
- d) Tiempo de fraguado
- e) Fraguado Falso
- f) Resistencia a la compresión
- g) Calor de hidratación
- h) Perdida por ignición
- i) Peso específico
- j) Embarque del cemento⁶

a) finura: La finura del cemento influye en el calor liberado y en la velocidad de hidratación. A mayor finura del cemento, mayor rapidez de hidratación del cemento y por lo tanto mayor desarrollo de resistencia. Los efectos que una mayor finura provoca sobre la resistencia se manifiesta principalmente durante los primeros siete días. Aproximadamente del 85% al 95% de las partículas de cemento son menores de 45 micras.

b) Sanidad: La sanidad se refiere a la capacidad de una pasta endurecida para conservar su volumen después del fraguado. La expansión destructiva retardada o falta de sanidad

⁶ "Cementos Pórtland." Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Steven H. Kosmatka y William C. Panarese. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Pag. 22, 23, 24, y 25.

es provocada por un exceso en las cantidades de cal libre o de magnesia. Casi todas las especificaciones para el cemento Pórtland limitan el contenido de magnesia (periclusa), así como la expansión registrada en la prueba de autoclave.

c) Consistencia: La consistencia se refiere a la movilidad relativa de una pasta de cemento o mortero recién mezclado o bien a su capacidad de fluir. Durante el ensaye de cemento, se mezclan pastas de consistencia normal, misma que se define por una penetración de 10 ± 1 mm de la aguja de Vicat, mientras se mezclan morteros para obtener ya sea una relación agua-cemento fija o para producir una cierta fluidez dentro de un rango dado.

d) Tiempo de fraguado: El fraguado inicial de la pasta de cemento no debe ocurrir demasiado pronto; el fraguado final tampoco debe ocurrir demasiado tarde. Los tiempos de fraguado indican si la pasta esta desarrollando sus reacciones de hidratación de manera normal. El yeso regula el tiempo de fraguado en el cemento. También influyen sobre el tiempo de fraguado la finura del cemento, la relación agua-cemento, y los aditivos usados. Los tiempos de fraguado de los concretos no están relacionados directamente con los tiempos de fraguado de las pastas debido a la pérdida de agua en el aire (evaporación) o en los lechos debido a las diferencias de temperatura en la obra en contraste con la temperatura controlada que existe en el laboratorio.

e) Fraguado Falso: El fraguado falso, se comprueba por una considerable pérdida de plasticidad sin que se desarrolle calor de gran abundancia poco tiempo después del mezclado. Desde el punto de vista de la colocación y el manejo, las tendencias del cemento Pórtland a provocar fraguado falso no causaran dificultades si el concreto se mezcla un mayor tiempo de lo normal o si es remezclado sin agregarle agua antes de ser transportado y colado.

f) Resistencia a la compresión: La resistencia a la compresión, es la obtenida a partir de pruebas en cubos de mortero estándar de 5 cm. Estos cubos se hacen y se curan de manera prescrita y utilizando una arena estándar. La resistencia a la compresión esta influida por el tipo de cemento, para precisar, por la composición química y la finura del cemento. En general, las resistencias de los cementos (teniendo como base las pruebas de cubos de mortero) no se pueden usar para predecir las resistencias de los concretos con exactitud debido a la gran cantidad de variables en las características de los agregados, mezclas de concreto y procedimientos constructivos.

g) Calor de hidratación: El calor de hidratación , es el calor que se genera cuando reaccionan el agua y el cemento. La cantidad de calor generado depende principalmente de la composición química del cemento, siendo el C3A y el C3S los compuestos particularmente responsables del elevado desarrollo de calor. Otros factores que también influyen son la relación agua-cemento, la finura del cemento, y la temperatura de curado. Incrementos en la relación agua-cemento, en la finura y en la temperatura de

curado aumentan el calor de hidratación. En ciertas estructuras, como ocurre con aquellas de masa considerable, la velocidad así como la cantidad de calor generado son de gran importancia. Si este calor no se disipa rápidamente, puede ocurrir un aumento considerable en la temperatura del concreto. Esto puede ser indeseable puesto que, después del endurecimiento a una elevada temperatura, el enfriado no uniforme en el concreto hasta alcanzar la temperatura ambiente, puede crear esfuerzos indeseables debido a contracción térmica y a condiciones de restricción. Por otra parte, el aumento en la temperatura del concreto provocado por el calor de hidratación es a menudo benéfico en climas fríos puesto que ayuda a mantener temperaturas de curado favorables.

h) Perdida por ignición: La pérdida por ignición del cemento Portland se determina calentando una muestra de cemento de peso conocido a 900 °C o 1000 °C, hasta que se obtenga un peso constante. Se determina entonces la pérdida en peso de la muestra. Normalmente una pérdida por ignición elevada indica prehidratación y carbonatación, que pueden ser causadas por almacenamiento prolongado e inadecuado o por adulteraciones durante el transporte y la descarga.

i) Peso específico: Generalmente el peso específico del cemento Portland es de aproximadamente 3.15. El cemento Portland de escoria de alto horno y los cementos Portland-puzolana pueden tener valores de pesos específicos de aproximadamente 2.90.

j) **Embarque del cemento:** La mayor parte de los cementos Pórtland se embarcan a granel en ferrocarril, camión o barcos de transporte. La carga y descarga neumática del equipo de transporte es la manera más común para manejar el cemento a granel. Un saco de cemento Pórtland pesa 94 libras (42.638 kg) y tiene un volumen de aproximadamente 1 pie cúbico (28.32 lt) cuando acaba de ser empacado. La densidad real del cemento Pórtland a granel puede variar considerablemente dependiendo de su manejo y almacenamiento.

2.3.3 ADITIVOS.

Los aditivos son aquellos ingredientes del concreto además del cemento Pórtland, del agua y de los agregados que se agregan a la mezcla inmediatamente antes del mezclado o durante el mismo.⁷

Son sustancias utilizadas en la confección del Concreto para la modificación de las propiedades de éste y adaptarlas a condiciones especiales.

Por su función se les puede clasificar a los aditivos como:

- Aditivos Incluidores de aire
- Aditivos reductores de agua
- Aditivos retardantes

⁷ "Aditivos para el Concreto." Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Steven H. Kosmatka y William C. Panarese. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Pag 67, 69, 70, 71, 72, 73, y 74.

- Aditivos acelerantes
- Aditivos superplastificantes
- Aditivos minerales finamente divididos
- Aditivos diversos, para mejorar la trabajabilidad la adherencia a prueba de humedad impermeabilizantes, formadores de gas, colorantes, inhibidores de corrosión, y ayudas para el bombeo.

2.3.3-1 RAZONES PARA EL USO DE ADITIVOS.

Algunos de los fines más importantes para los que se utilizan los aditivos son:

Modificación de la lechada en estado fresco:

- Para aumentar la trabajabilidad sin incrementar el contenido de agua, o para reducir el contenido de agua con la misma trabajabilidad.
- Para retardar o acelerar el tiempo de fraguado inicial.
- Para reducir o evitar el fraguado o para crear expansión ligera.
- Para mejorar la capacidad de evitar el sangrado.
- Para reducir la segregación.
- Para mejorar la inyección
- Para mejorar la fluidez.

Modificación de la lechada en Estado Endurecido:

- Para retardar o reducir la evolución del calor durante el endurecimiento temprano.
- Para acelerar el desarrollo de resistencia a edades tempranas
- Para aumentar la resistencia a la compresión
- Para incrementar la durabilidad o resistencia a condiciones severas de exposición, incluyendo la aplicación de sales descongelantes
- Para reducir el flujo capilar de agua
- Para reducir la permeabilidad contra los líquidos.
- Para incrementar la adherencia entre el torón y el elemento estructural
- Para impedir la corrosión del torón.

Las normas básicas a seguir por los aditivos están contemplados en la sección 3.6 del ACI 318-89.

2.3.3-2 ADITIVOS ESPECIALES PARA LECHADAS DE ALTO DESEMPEÑO.

Los Aditivos considerados para emplearse en las Lechadas de Alto Desempeño, son principalmente:

- Reductores de agua de alto rango o Superplastificantes
- Incluidores de aire
- Adiciones minerales

- ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES (REDUCTORES DE AGUA DE ALTO RANGO).

Los aditivos superplastificantes son aditivos reductores de agua de alto rango que cubren las especificaciones ASTM C-1017 y C-494 Tipos F y G, que se agregan a los concretos de revenimiento y relación agua-cemento bajos a normales para producir concretos fluidos de alto revenimiento. Los concretos producidos son concretos muy fluidos pero trabajables los cuales se pueden colocar con poca o ninguna vibración o compactación, pudiendo quedar todavía libres de sangrado o segregación excesiva. El concreto fluido se emplea en :

- 1) Colados de secciones delgadas
- 2) En áreas que tengan el acero de refuerzo cercanamente espaciado o muy congestionado
- 3) En colados con tubo-embudo
- 4) Como concreto bombeable para disminuir la presión de la bomba
- 5) En las areas donde los métodos convencionales de consolidación no se puedan emplear
- 6) Para aminorar los costos de manejo

Con la adición de un superplastificante a un concreto con revenimiento de 7.5 cm se puede producir fácilmente un concreto con 22.5 cm de revenimiento. El concreto fluido queda definido por la especificación ASTM C-1017 como aquel concreto que tiene un

revenimiento mayor de 19 cm y que todavía conserva sus propiedades cohesivas. Los revenimientos excesivamente altos, mayores o iguales de 25 cm, pueden provocar que el concreto se segregue.

Los reductores de agua de alto rango (ASTM C-1017 y C-494 Tipos F y G), también se pueden emplear para fabricar concretos de baja relación agua-cemento y alta resistencia con trabajabilidades dentro de los límites normalmente especificados para consolidar por medio de vibración interna. Con el uso de estos aditivos se puede obtener una reducción de agua del 12 al 30%. Esta reducción en el contenido de agua y en la relación agua-cemento permite producir concretos con: (1) resistencias últimas a compresión arriba de 700 kg/cm^2 , (2) mayores adquisiciones de resistencia a edad temprana, y (3) una menor penetración del ión cloruro así como otras propiedades favorables que están asociadas con los concretos que tienen relaciones agua-cemento bajas.

Los reductores de agua de alto rango normalmente son más efectivos, aunque más costosos, que los aditivos reductores de agua normales para producir concretos trabajables. En la mayoría de los superplastificantes, el efecto para elevar la trabajabilidad o para producir concretos fluidos es de corta duración, de 30 a 60 minutos, y va seguido por una pérdida muy rápida de trabajabilidad (pérdida de revenimiento). Debido a esta pérdida de revenimiento, la adición de estos aditivos se hace frecuentemente en la obra. Los reductores de agua de alto rango de revenimiento

prolongado que se adicionan en las plantas dosificadoras ayudan a reducir los problemas de pérdida de revenimiento. El tiempo de fraguado se puede acelerar o retardar dependiendo de la composición química individual del aditivo, de la proporción dosificada, y de la interacción de los demás aditivos presentes en la mezcla de concreto. El concreto con superplastificante de alto revenimiento y bajo contenido de agua experimenta una menor contracción por secado que un concreto convencional de alto revenimiento y alto contenido de agua, aunque experimenta una contracción por secado similar o mayor a un concreto convencional de bajo revenimiento y bajo contenido de agua.

La efectividad del superplastificante se eleva con el aumento en la cantidad de cemento y finos del concreto. También se modifica con el revenimiento inicial del concreto.

El concreto con superplastificante tiene vacíos de aire incluido de mayor tamaño que un concreto normal con aire incluido. Esto indicaría una menor resistencia a la congelación y deshielo en condiciones normales; sin embargo, las pruebas de laboratorio han mostrado que un concreto con superplastificante tiene una muy buena durabilidad a la congelación-deshielo, aun con sus mayores factores de espaciamiento. Esto puede ser el resultado de las menores relaciones agua-cemento que se asocian frecuentemente con el concreto con superplastificante.

- ADITIVOS INCLUSORES DE AIRE

Los aditivos inclusores de aire se utilizan para retener intencionalmente burbujas microscópicas de aire en el concreto. La inclusión de aire mejorara drásticamente la durabilidad de los concretos que estén expuestos a la humedad durante los ciclos de congelación y deshielo. El aire incluido mejora considerablemente la resistencia del concreto contra el descascaramiento de la superficie causado por los productos químicos deshelantes. También se ve mejorada de manera importante la trabajabilidad del concreto fresco, y la segregación y el sangrado se reducen o se llegan a eliminar.

El concreto con aire incluido, contiene diminutas burbujas de aire distribuidas uniformemente en toda la pasta de cemento. La inclusión de aire en el concreto, se puede producir usando un cemento inclusor de aire, o con una combinación de ambos métodos. Un cemento inclusor de aire es un cemento Pórtland con una adición de aire molida conjuntamente con el clinker durante su fabricación. Por otra parte, los aditivos inclusores de aire se agregan directamente a los componentes del concreto antes o durante el mezclado.

- ADICIONES MINERALES

Los aditivos minerales finamente divididos son materiales pulverizados que se agregan al concreto antes del mezclado o durante este para mejorar algunas de las propiedades del concreto de cemento Pórtland en estado plástico o endurecido. Estos

aditivos son generalmente materiales naturales o subproductos. De acuerdo con sus propiedades químicas o físicas, se clasifican como:

- a) Materiales Cementantes
- b) Pozolana
- c) Materiales Pozolánicos y Cementantes
- d) Materiales Nominalmente Inertes.

a) MATERIALES CEMENTANTES.

Los materiales cementantes son sustancias que por si solas tienen propiedades hidráulicas cementantes (fraguan y endurecen en presencia del agua). Los materiales cementantes incluyen a la escoria granulada de alto horno molida, al cemento natural, a la cal hidráulica hidratada, y a las combinaciones de estos y otros materiales.

La escoria granulada de alto horno molida fabricada a partir de la escoria de alto horno de hierro, es un producto no metálico que consiste principalmente de silicatos y aluminosilicatos de calcio y de otras bases que se desarrollan en la fundición simultáneamente con el hierro en los altos hornos. La escoria fundida a una temperatura de aproximadamente 1500°C, queda templada rápidamente al enfriarse por inmersión en el agua y forma un material granular vítreo parecido a la arena. EL material granular, el cual es molido a menos de 45 micras, tiene una finura Blaine de aproximadamente 400 a 600 m²/kg. Esta escoria molida áspera y angulosa al entrar en contacto con el agua y con un activador, NaOH o CaOH, ambos facilitados por el cemento Pórtland. La

enfriada al aire no tiene las propiedades hidráulicas que tiene la escoria enfriada por el agua. La especificación ASTM C-989 clasifica a la escoria según su reactividad con los grados 80, 100, o 120.

El cemento natural se forma al calcinar calizas arcillosas justo debajo del punto de fusión; luego se muele el material hasta obtener un polvo muy fino.

La cal hidráulica hidratada, ASTM C-141, se obtiene calcinando calizas que contengan sílice y alumina hasta un punto en el cual se encuentre presente suficiente óxido de calcio libre y silicatos de calcio sin hidratar para lograr las propiedades de hidratación e hidráulicas del material.

b) MATERIALES PUZOLANICOS

Una puzolana es un material silíceo o aluminosilíceo que por si mismo posee poco o ningún valor cementante pero que en forma finamente molida y en presencia del agua, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio liberado por la hidratación del cemento Portland para formar compuestos que poseen propiedades cementantes.

Como puzolanas se emplean un gran número de materiales naturales: las tierras diatomáceas, los horsteno opalinos, las arcillas, las pizarras, las tobas volcánicas, y la piedra pómez. La mayoría de las puzolanas naturales se deben moler antes de ser usadas y muchas se tienen que calcinar a temperaturas de 650 °C a 980 °C, para activar sus

componentes arcillosos. Estos materiales se clasifican según la norma ASTM C-618 como puzolanas clase N.

Las puzolanas también incluyen a la ceniza volante y al humo de sílice. El aditivo mineral mas ampliamente usado en el concreto, la ceniza volante, es un residuo finamente dividido (polvo que se asemeja al cemento) que resulta de la combustión del carbón mineral pulverizado en las plantas generadoras de electricidad. Con la ignición en el horno, la mayor parte de la materia volátil y de carbono existentes en el carbón mineral se calcina. Durante la combustión, las impurezas del carbón mineral (como arcilla, el feldespato, cuarzo y la pizarra) se funden en suspensión, Y son retiradas de la cámara de combustión por el gas de escape. Mientras transcurre el proceso, el material fundido se enfría y se solidifica formando partículas esféricas llamadas cenizas volantes. Luego se recolecta la ceniza volante de los gases de escape por medio de precipitadores electrostáticos o filtros de bolsa. Normalmente no se necesitan procesos adicionales para emplear la ceniza volante en cementos mezclados o en concretos.

La mayor parte de las partículas en la ceniza volante son esferas sólidas y algunas otras con cenósferas huecas. También se encuentran presentes plerósferas, que son esferas que contienen a otras esferas de menor tamaño. Los materiales sólidos, como el cemento Pórtland, tienen partículas angulares sólidas. La naturaleza esférica de las cenizas volantes. Los tamaños de las partículas de ceniza volante varían desde menos de una micra hasta alcanzar más de 100 micras, teniendo un tamaño típico de partícula

menor a 20 micras. Normalmente el área superficial es de 300 a 500 m²/kg, aunque en algunas cenizas volantes las áreas superficiales llegan a ser tan bajas como 200 m²/kg y en otras las áreas superficiales alcanzan los 700 m²/kg.

La ceniza volante consiste principalmente de silicatos vítreos que contienen sílice, alumina, hierro y calcio. Otros componentes menores son el magnesio, el azufre, el sodio, el potasio, y el carbono. También se encuentra presente una pequeña cantidad de compuestos cristalinos. La densidad de la ceniza volante generalmente se encuentra dentro del rango de 2.2 a 2.8 y su color es gris tostado.

c) MATERIALES PUZOLANICOS Y CEMENTANTES.

Algunas escorias granuladas de alto horno molida y algunas cenizas volantes, exhiben propiedades tanto puzolánicas como cementantes. Las cenizas volantes ASTM C-618 clase C con un contenido de óxido de calcio de aproximadamente 15 a 30% en peso son las predominantes dentro de esta clasificación. Al exponerse al agua, muchas de estas cenizas se hidratan y endurecen en menos de 45 minutos.

La práctica de utilizar ceniza volante y escoria granulada de alto horno molido en las mezclas de concreto de cemento Pórtland, ha ido aumentando en los últimos años.- Una de las principales razones de este incremento es el interés de la conservación de la energía así como la reducción en el costo del concreto que se obtiene al emplear cenizas o escorias para reemplazar parcialmente el cemento.

d) MATERIALES NOMINALMENTE INERTES.

Los materiales nominalmente inertes tienen pocas o nulas propiedades cementantes. Algunos de los materiales nominalmente inertes son el cuarzo en bruto finamente dividido, las dolomitas, muchas calizas, el mármol, el granito, y otros materiales. Los materiales inertes frecuentemente se emplean como adición al cemento y como sustitución parcial de la arena en el concreto para mejorar las trabajabilidades pobres causadas frecuentemente por la falta de finos en la arena. A veces se agregan en los concretos caliza pulverizada para reducir la reactividad álcali-sílice.

2.3.3-3 EFECTOS EN EL CONCRETO DEBIDO A LOS ADITIVOS MINERALES.

Los aditivos minerales finamente divididos varían considerablemente respecto al efecto que producen en las mezclas de concreto. Antes que se acepte usar tales aditivos, se deberá ensayar junto con el cemento, y los agregados específicos que se vayan a emplear para averiguar su conformidad respecto a los requerimientos del agua, al desarrollo de la resistencia a la contracción, al calor de hidratación, a la durabilidad, o con respecto a ciertas propiedades especiales, como la prevención de reacciones álcali-agregado o a la reducción del ataque de los sulfatos.- Dependiendo de las propiedades de los materiales y del efecto que se desee dar al concreto, los materiales finamente,

divididos se agregan al concreto además del cemento o bien como una sustitución parcial de este.

La ceniza volante, la escoria granulada de alto horno molida, y el humo de sílice condensada son los principales materiales finamente divididos que se utilizan actualmente en el concreto.- Se han desarrollado estudios muy completos a corto y largo plazo con estos materiales.

2.4 PROPIEDADES DE LAS LECHADAS.

Las propiedades de las lechadas tienen bastante similitud con las propiedades del mortero, las proporciones de los ingredientes dependerá de su aplicación. El proporcionamiento y elección de los ingredientes se debe determinar en el laboratorio con el fin de obtener ciertas propiedades como expansión resistencia y fluidez, a menos que se usen proporciones establecidas, como la de los morteros para mampostería. Las pruebas de campo se realizan como se especifica. El siguiente análisis de propiedades de las lechadas es de carácter general.⁸

2.4.1 CONSISTENCIA

La consistencia se refiere a la capacidad del mortero o la lechada para fluir. En un mortero o en una lechada fresca, esta propiedad varía con la aplicación. La

⁸ "Propiedades de los Morteros y las Lechadas." Lechadas cementantes e inyección de lechada, Steven H. Kosmatka. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Pag. 5-11.

consistencia puede variar desde una casi como la del agua o la de una pintura muy delgada, hasta una de mortero espeso, rígido o de consistencia tixotrópica, según la aplicación y trabajabilidad deseada.

La consistencia es especialmente importante con respecto a la resistencia por adherencia. Los morteros o las lechadas fluidas tienen una mejor adherencia que las secas, rígidas. Las lechadas para aplicaciones autonivelantes o para llenar vacíos sin vibración deben ser fluidas.

La consistencia se puede medir con varias técnicas, como el cono o la mesa de fluidéz (ver figura 2.1). El cono de fluidéz, ASTM C-939, mide la consistencia monitoreando el tiempo que emplea una cantidad específica de lechada para salir del cono. A este periodo se le llama tiempo de flujo. El cono de fluidéz se usa para lechadas fluidas delgadas, con un tiempo de 35 segundos o menos. Se considera que las lechadas fluidas tienen un tiempo de flujo de 10 a 30 segundos formando una superficie casi a nivel, sin vibración o varillado. El agua tiene un tiempo de flujo de 8 segundos.

Se debe utilizar un cono de fluidéz modificado, una mesa de fluidéz, u otra prueba para lechadas tixotrópicas o morteros o lechadas con un tiempo de flujo mayor de 35 segundos en el cono de fluidéz. Para aumentar la fluidéz sin aumentar el contenido de agua, se pueden usar aditivos. Se recomienda emplear la consistencia más rígida que

se pueda aplicar para evitar los efectos negativos de altos contenidos de agua, que se usan con frecuencia para preparar morteros o lechadas aguadas.

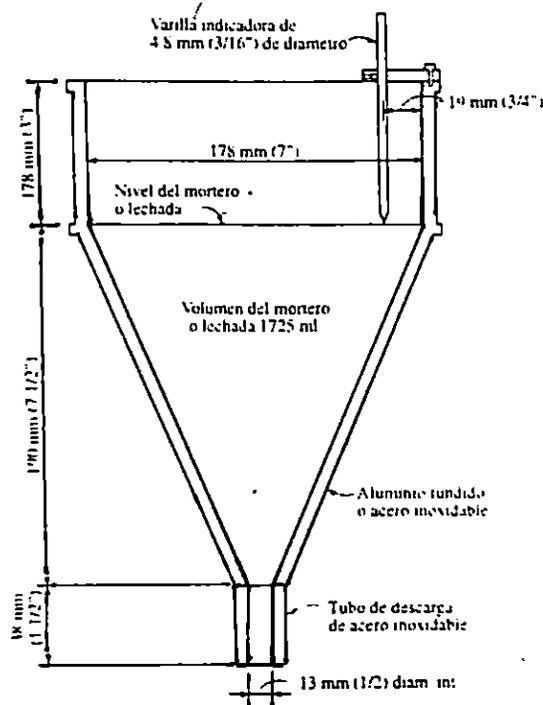


Figura 2.1 Cono de Fluidez
Fuente: Lechadas Cementantes e Inyección de Lechada

2.4.2 TRABAJABILIDAD Y TIEMPO DE TRABAJO.

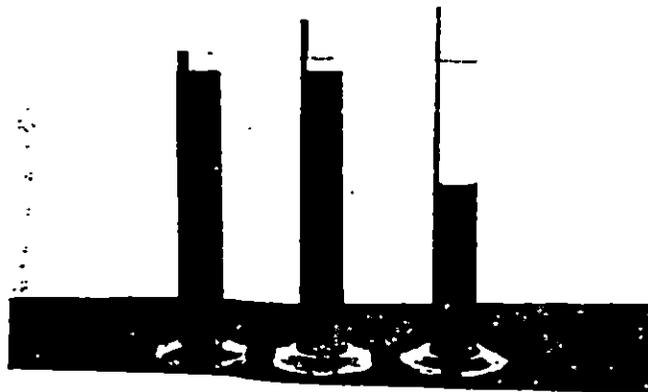
La trabajabilidad es la facilidad con la que un mortero o una lechada se pueden colocar, manejar y consolidar sin segregación o sangrado excesivo. Sin una buena trabajabilidad, un mortero o una lechada pueden ser difíciles de manejar y dar como resultado un producto de mala calidad. Al período en el que un mortero o una lechada

permanece trabajable se le llama tiempo de trabajo o vida de olla, y puede variar según los tipos de mortero o lechada y las necesidades. Es necesario conocer el tiempo de trabajo de un mortero o una lechada antes de que se usen en un proyecto. Los fabricantes de morteros o lechadas patentadas deben proporcionar los tiempos de trabajo para sus productos. El tiempo de trabajo debe ser un período suficientemente largo como para permitir la transportación, el manejo y la colocación del mortero o la lechada a una velocidad adecuada. Se debe evitar el reablandamiento, es decir, la adición de agua y el remezclado del mortero o la lechada para volver a adquirir la consistencia o trabajabilidad deseada, a fin de mantener la resistencia, durabilidad, y otras propiedades del mortero. Los morteros o las lechadas que se vuelven intrabajables se deben descartar y reemplazar por otros nuevos. El tiempo de trabajo se puede calibrar si se realizan pruebas de consistencia a distintos intervalos de tiempo.

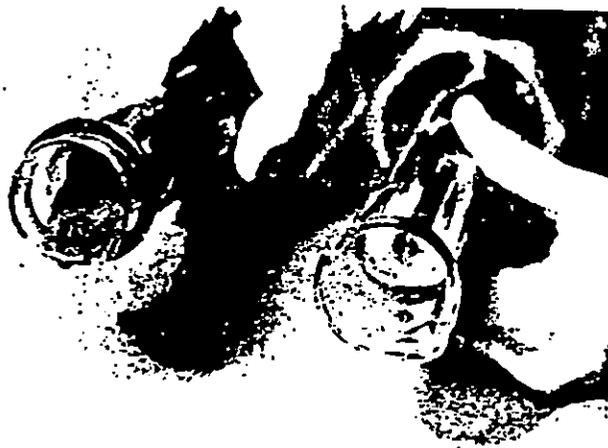
2.4.3 SANGRADO, ASENTAMIENTO Y RETENCIÓN DE AGUA.

El sangrado se puede describir como la formación de una capa de agua por encima de un mortero o de una lechada recién colocada, causada por sedimentación (asentamiento) de las partículas sólidas (cemento y cualquier agregado) y la simultánea migración hacia arriba del agua. El sangrado excesivo puede dar como resultado una superficie con una alta relación agua-cemento, que origina una pobre durabilidad y una menor resistencia; se puede formar inclusive una bolsa de agua o un hueco (figura 2.2). Después de la evaporación del agua de sangrado, el nivel de la superficie endurecida

será más bajo que el de reciente colocación. Esta reducción de volumen o dimensión vertical, desde el tiempo de la colocación hasta el fraguado inicial, con frecuencia se llama **contracción por asentamiento**.



(a)



(b)

Figura 2.2 (a) Asentamiento de partículas de cemento (sangrado) de Lechadas o Morteros. (b) Consistencia de Lechadas o Morteros Tixotrópicos
Fuente: Lechadas Cementantes e Inyección de Lechada.

La velocidad y la capacidad de sangrado (asentamiento total por unidad de la altura original de la pasta o del mortero) se incrementan con el contenido inicial de agua, la altura del mortero o la lechada y la presión (véase Fig. 2.3). La propiedad de retención de agua-capacidad del mortero o la lechada para mantener el agua y las partículas de cemento en suspensión-afecta significativamente el sangrado. Los morteros o las lechadas de alta retención de agua, como las tixotrópicas, permiten muy poco o nada de sangrado (Fig. 2.2). El uso de ciertos agentes de retención de agua o gelificantes, de ciertos aditivos químicos generales, de aditivos inclusores de aire, humo de sílice, y otros aditivos minerales, arcillas, y cementos más finos, también puede reducir el sangrado. Los morteros o las lechadas que se emplean para llenar huecos, proporcionar apoyo, o impartir impermeabilidad por contacto directo deben tener un sangrado reducido para evitar el desarrollo de bolsas de agua entre la superficie del mortero o la lechada y el elemento en donde se aplicó el mortero o la lechada.

El sangrado se puede determinar de acuerdo con las normas ASTM C-232, ASTM C-243 y ASTM C-940. La retención de agua se puede probar de acuerdo con la norma ASTM C-941 o con la CRD-C 612 del Cuerpo de Ingenieros.

2.4.4 FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO.

El fraguado, endurecimiento, desarrollo de resistencia y otras propiedades de los morteros o las lechadas se deben a una reacción química llamada hidratación, que tiene lugar en la pasta de cemento entre el cemento y el agua. Cada partícula hidratada de

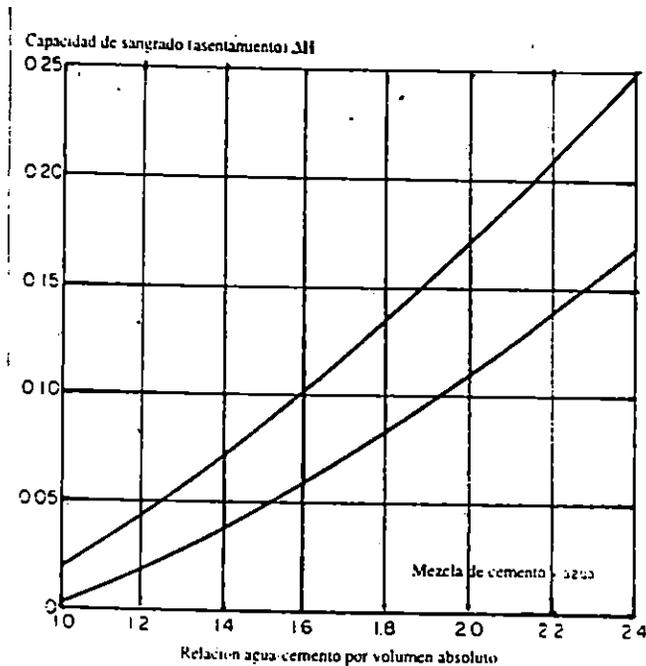


Figura 2.3 Variación entre la capacidad de sangrado y el contenido de agua de las lechadas hechas con cemento Pórtland normal y agua.
Fuente: Lechadas Cementantes e Inyección de Lechada.

cemento presenta un crecimiento parecido al de fibras en su superficie, que gradualmente se extiende hasta que se fusiona con el crecimiento de otras partículas de cemento o se adhiere a sustancias adyacentes tales como los agregados. La formación de esta estructura de crecimiento (principalmente hidrato de silicato de calcio) es responsable de la adherencia de la pasta o de la acción cementante. Sin el agua la hidratación cesa, terminando con ello cualquier ganancia adicional de resistencia. Por lo tanto, es importante retener la humedad del mortero o la lechada hasta alcanzar la resistencia deseada. Generalmente esto no es un problema en muchas aplicaciones de morteros o lechadas, ya que éstas con frecuencia se colocan en lugares en donde el agua del mortero no puede escapar fácilmente. Después de una hidratación suficiente, la pasta, junto con cualquier agregado encapsulado, forma un mortero o una lechada

endurecida de apariencia y propiedades semejantes a la piedra. Una vez que la hidratación se considera suficiente para obtener las propiedades deseadas, se puede suspender el curado; cualquier cantidad remanente de agua en el mortero o la lechada se evaporará desde los poros microscópicos y capilares dentro de la pasta. El tiempo de fraguado se prueba de acuerdo con la norma CRD-C 614 del Cuerpo de Ingenieros o los estándares aplicables C 191, C 266, C 403, C 807 o C 953 de ASTM.

2.4.5 RESISTENCIA.

La resistencia a la compresión, flexión y tensión que se requieren en un mortero o una lechada depende de la aplicación de ésta, mientras que la resistencia que alcanza efectivamente es función directa de la cantidad de materiales cementantes y del agua en el mortero o la lechada, así como del nivel de hidratación. La resistencia de un mortero o una lechada está directamente relacionada con la relación agua-cemento: a medida que ésta se reduce, se incrementa la resistencia (Fig. 2.4). Además, mientras exista suficiente humedad (humedad relativa mayor de 80% en el mortero o la lechada), cemento no hidratado y espacios vacíos en el mortero o la lechada, la resistencia se incrementará, como se ilustra en la Figura 2.5.

Un exceso de agua causa no solamente baja resistencia, sino también sangrado excesivo, incrementa la contracción y reduce la durabilidad. El tiempo de fraguado disminuye y el desarrollo de la resistencia se incrementa con relaciones agua-cemento

bajas y temperaturas mas altas. La resistencia por adherencia es mas dependiente de la consistencia que de la cantidad de agua en la lechada, una lechada aguada tiene mejor adherencia que una muy seca.

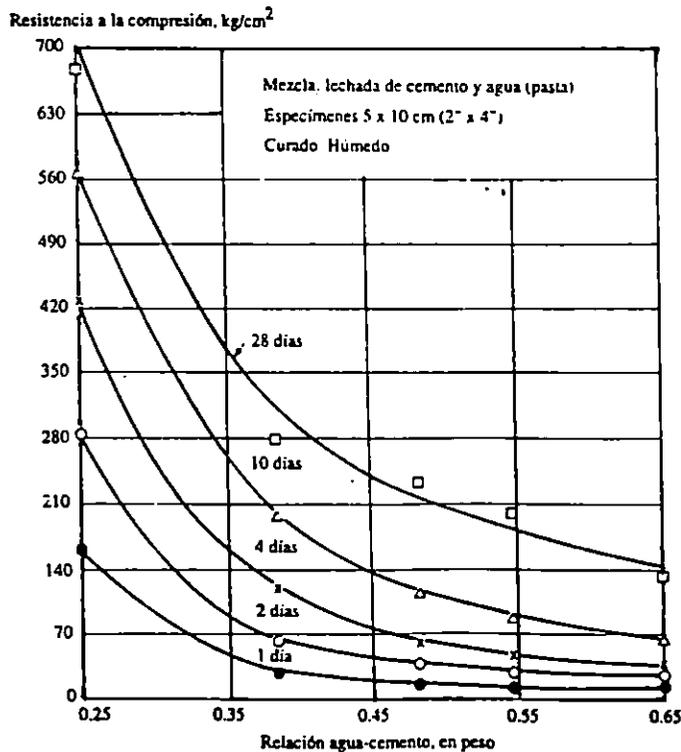


Figura 2.4 Relación Agua-Cemento y Resistencia a la Compresión para Lechadas
Fuente: Lechadas Cementantes e Inyección de Lechada.

Para determinar la resistencia a la compresión de una lechada se pueden usar cilindros o cubos; sin embargo, los cubos de 5 cm son los mas comunes. Se deben emplear cubos con restricción en la parte superior para lechadas sin contracción (expansivas).

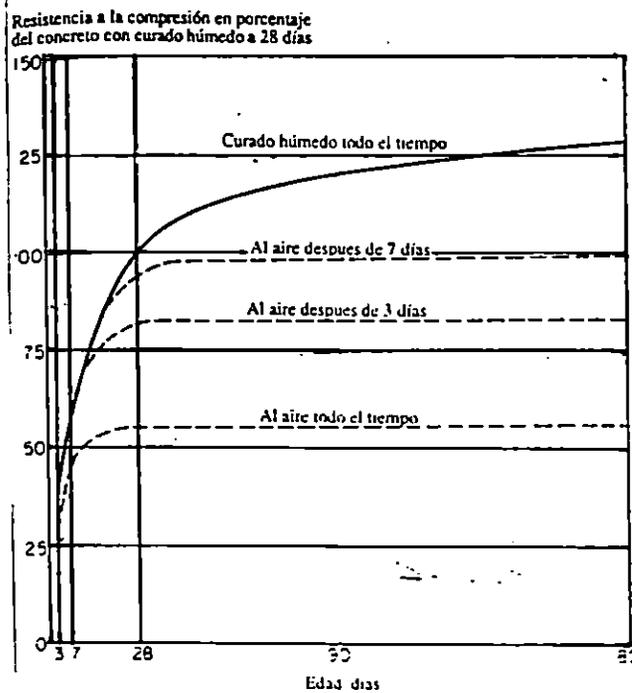


Figura 2.5 Relación entre la resistencia a la compresión, la edad y el curado húmedo del concreto.
Fuente: Lechadas Cementantes e Inyección de Lechada.

2.4.6 CAMBIOS DE VOLUMEN.

El volumen de una lechada endurecida puede variar significativamente con respecto al volumen original de una fresca no endurecida. Una pasta de cemento y agua primero experimenta una muy ligera expansión transitoria que ocurre al final de la etapa de reposo (nominalmente no reactiva) del sistema del cemento. Esto es seguido por una pequeña contracción que ocurre antes, durante y después del endurecimiento en una lechada aislada a medida que el cemento normal se hidrata y consume agua. Este cambio de volumen se atribuye a una contracción química, una autógena, o a la absorción de agua durante el endurecimiento. La contracción química también se atribuye a la

reducción de cemento y agua (reactivos en la lechada). Si no se dispone de agua fuera de la pasta (por ejemplo, muestras selladas), la hidratación del cemento causará secado interno (autodesecación) y una ligera contracción. Esta contracción se puede contrarrestar por medio de aditivos especiales agregados a la lechada, el uso de lechadas sin contracción patentadas o por inmersiones continuas posteriores en agua, que causan expansión.

Cuando el mortero o la lechada se mantienen saturados (expuestos al agua) su volumen se incrementa a medida que consume o absorbe el agua exterior. La expansión de la estructura de la pasta se debe a ciertas reacciones de hidratación que obligan a las partículas de cemento a separarse. La mayor parte de la expansión y de la absorción de agua (o contracción química) ocurre en un día, pero continua muy lentamente durante un mes o más. Los cementos expansivos se dilatan durante varios días.

La lechada endurecida cambia ligeramente de volumen con las variaciones de temperatura, contenido de humedad y carga. Los efectos químicos, como la carbonatación, causan contracción; el ataque de sulfatos y la reacción alcali-agregado inducen expansión. La lechada endurecida se expande ligeramente a medida que la temperatura se eleva, y se contraen cuando la temperatura baja, aunque se puede expandir ligeramente cuando cualquier cantidad de agua libre que esta presente en el mortero o la lechada, se congela. Los cambios de temperatura se presentan por

condiciones ambientales o por elevación de temperatura debida a la hidratación del cemento.

Los cambios en volumen inducidos térmicamente varían con los ingredientes y proporciones de la lechada, el tipo de agregado (si se usa), el rango de temperatura, la edad de la lechada, la humedad relativa ambiente, y otros factores. La lechada también se deformara bajo cargas instantáneas y/o a largo plazo (flujo plástico) en forma similar al concreto.

La lechada endurecida se expande ligeramente con un incremento de humedad y se contrae con la perdida de esta tal como se ilustra en la Figura 2.6. La magnitud de la contracción relacionada con la humedad de la lechada, esta directamente relacionada con su contenido de agua en estado fresco y con la cantidad de agua que se pierde de la lechada endurecida. Por lo tanto, para mantener la contracción a un mínimo, el contenido de agua de una lechada fresca no endurecida y la perdida de humedad de la recién endurecida deben mantenerse a un mínimo. Esta reducción de volumen, ocasionado por la perdida de agua de una lechada endurecida se llama contracción por secado.

El agregado, si esta presente, ayuda a restringir o a resistir el cambio de volumen de la pasta; por lo tanto, la cantidad y el tamaño del agregado se deben maximizar para reducir la contracción. La contracción normalmente no es un problema cuando se

inyecta lechada en medios continuamente húmedos o mojados. Cuando la lechada se usa para impermeabilización o para rellenar huecos se puede especificar que sean sin contracción o del tipo expansivo. Los morteros o las lechadas sin contracción (usualmente productos patentados) están formulados para no producir contracción en el estado fresco o endurecido húmedo, aunque normalmente se espera alguna ligera expansión. En teoría, las lechadas sin contracción no deben sufrir contracción por secado; sin embargo, algunas lechadas sin contracción pueden sufrir una contracción significativa al secarse (perdida de humedad).

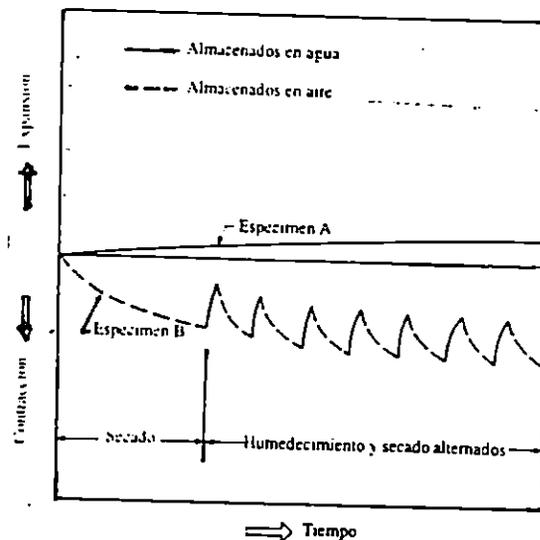


Figura 2.6 Ilustración esquemática de los movimientos de humedad en una lechada endurecida.
Fuente: Lechadas Cementantes e inyección de Lechada.

La lechada sin contracción debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM C-1107. La ASTM C-1107 especifica tres grados de morteros o lechadas sin contracción: los grados A, B, y C. El grado A es una lechada preendurecida con ajuste de volumen, que controla el volumen de la lechada por expansión antes de endurecerse.

La lechada de grado B controla el volumen mediante la expansión después de endurecerse. La lechada de grado C usa una combinación de control de volumen preendurecido y posendurecido. La norma ASTM C-1107 tiene límites sobre el cambio de altura de la lechada endurecida curada en húmedo durante 28 días. Después de la prueba de curado en húmedo, los especímenes de la ASTM C-1107 se exponen al aire durante 28 días y se prueban para determinar su contracción por secado.

2.4.7 AUMENTO DE TEMPERATURA.

El aumento de la temperatura puede ser un problema en los casos en que el agrietamiento térmico de inyecciones masivas de lechada merece atención especial. La cantidad de calor que se genera en una lechada cementante depende de la finura, cantidad y tipo de material cementante, la temperatura de colocación, la pérdida de calor disponible y del volumen o del espesor de la misma. Cuando el agrietamiento térmico constituya una preocupación, la lechada se debe mantener tan fría como sea posible y usar un bajo contenido de cemento de bajo calor de hidratación. Las puzolanas de bajo calor de hidratación son también muy útiles para lechadas masivas o vaciados en donde el aumento de temperatura se debe mantener al mínimo.

2.4.8 DURABILIDAD.

La durabilidad se refiere a la capacidad de la lechada endurecida para soportar deterioro en su ambiente de servicio. Para una lechada que estará expuesta a suelos o aguas sulfatadas, es recomendable el uso de cementos resistentes a los sulfatos, así como el empleo de contenidos altos de cemento (baja relación agua cemento). Si la relación alcali-agregado es un problema potencial se debe utilizar un cemento de baja alcalinidad y tomar en cuenta las puzolanas que reducen la reactividad alcali-sílice. Para medios ambientes de congelación y deshielo se debe usar la inclusión de aire con ese fin.

La lechada debe ser estable después de endurecerse. Algunas contienen materiales que podrían permitir su expansión significativamente después de endurecerse. Estos materiales se deben evitar en ciertos ambientes, ya que puede ocurrir una expansión excesiva que ocasione el agrietamiento y desintegración de la lechada.

2.4.9 PERMEABILIDAD.

La permeabilidad de la lechada endurecida se reduce a medida que se incrementa la cantidad del material cementante hidratado, cuando se continúa el curado en húmedo y cuando disminuye la relación agua-cemento (véase Figura 2.7)

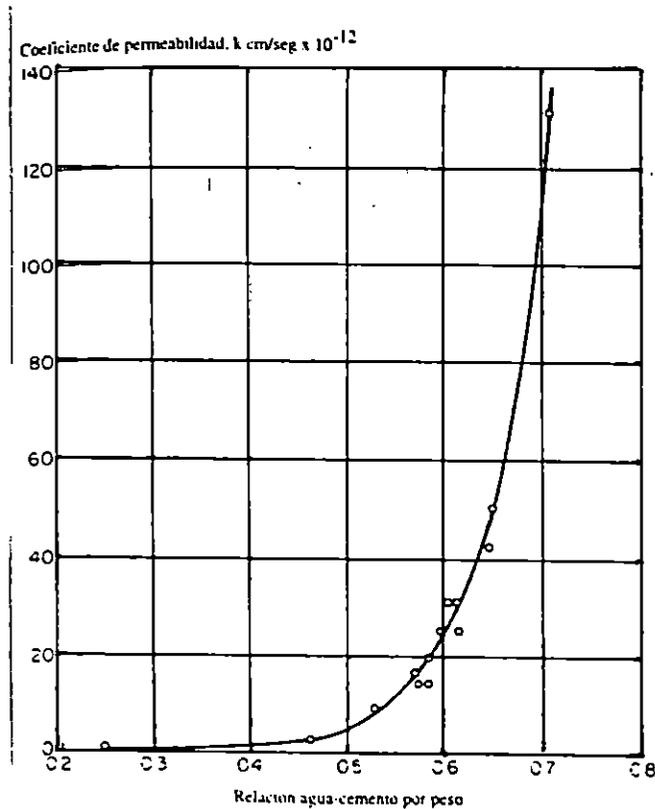


Figura 2.7 Dependencia de la relación agua/cemento y la permeabilidad de una lechada de puro cemento
 Fuente: Lechadas Cementante e Inyección de Lechada.

2.5 DIFERENTES TIPOS DE LECHADAS.

2.5.1 LECHADAS PARA LA IMPERMEABILIZACIÓN DE SUELOS.

La inyección de suelos ha cobrado mucha importancia en los últimos tiempos. Básicamente, hemos de distinguir dos fines principales: consolidación e impermeabilización.

Quando un suelo no es capaz de resistir por sí mismo las cargas que va a causarle una determinada estructura, es preciso aumentar su resistencia mediante la adición de

mezclas resistentes y que reaccionen con el suelo, aumentando su capacidad de carga. En otros casos interesa disminuir el flujo de agua a través del suelo; en este caso más que la resistencia de las mezclas o del producto final, importan las propiedades impermeabilizantes de esas mezclas. Puede concluirse entonces que una inyección de consolidación puede ser impermeabilizante pero no al contrario.

2.5.1-1 LECHADAS DE ARCILLA CEMENTO-UTILIZADAS PARA LA IMPERMEABILIZACIÓN DE SUELOS.

Las mezclas de arcilla-cemento proporcionan muy buenas características de impermeabilización, dada la baja permeabilidad que presentan las arcillas. Por otra parte, las cualidades de suspensión que presentan las arcillas permiten la realización de mezclas muy estables, asegurando así un llenado correcto de los vacíos. Esta condición de dar sedimentaciones muy bajas o nulas del todo representa una considerable ventaja, pues permite controlar mejor las características de las mezclas inyectadas.⁹

Un requerimiento fundamental en una mezcla de inyección es que sea capaz de gelificar en un tiempo controlable (tixotropía), que desarrolle un esfuerzo mínimo (que dependerá de cada caso) y que sea capaz de penetrar en el suelo. Se entenderá por tixotropía, las propiedades de una mezcla de mantenerse fluida cuando está en agitación

⁹ "Diseño de mezclas de Inyección." Cortina de Impermeabilización de la Presa de Cachi, Bayardo Selva. Universidad de Costa Rica.

y de aglutinarse al mantenerse en reposo; este fenómeno puede ser reversible en algunos casos.

Generalmente las arcillas del tipo bentonítico poseen propiedades de gelificación muy notorias; sin embargo, aún arcillas de este tipo no desarrollarán siempre la formación de los geles sin la adición de ciertos elementos como cementos o silicatos. Con todo la mayor parte de arcillas finas pueden dar suspensiones tixotrópicas, siempre que contengan cantidad suficiente de elementos coloidales.

Por su parte, el cemento proporciona las características de fraguado y resistencia de las mezclas. El resultado será entonces una mezcla de buena suspensión (estabiliza la mezcla), tixotrópica (gelifica en reposo impidiendo una fuga excesiva de la mezcla), con un tiempo de fraguado controlable y capaz de desarrollar la resistencia que se especifique.

A esas características habría que añadir las condiciones de fluidéz y penetración que dependerán de las zonas a tratar lo que normará a su vez las relaciones de agua-sólidos (entendiendo como sólidos los pesos o volúmenes de arcilla y cemento), unido a las propiedades de los materiales y las dosificaciones usadas. Una mezcla muy fluida penetrará mejor pero tendrá menos resistencia y mayor sedimentación.

Siendo el cemento un material de propiedades muy conocidas y prácticamente constantes, el diseño de mezclas de este tipo dependerá del tipo de arcilla a escoger y la proporción en que se use; la escogencia de la arcilla dependerá de los ensayos de laboratorio y de campo. Como guía para su selección puede pensarse como arcillas bentónicas que se saben darán buena suspensiones; en todo caso, las pruebas realizadas son privativas. La granulometría es también muy importante; los Límites de Atterberg, ofrecen una nueva guía; Normalmente no se considera el empleo de arcillas cuyo límite líquido sea inferior al 60%. Con todo, hay que recordar que la escogencia final no solo se basará en las propiedades apuntadas sino también de las características de facilidad de manipulación, economía y trabajabilidad. Aparte de los materiales principales ya escritos, en ocasiones ya se usan aditivos para mejorar algunas de las características finales. Pueden ser aditivos inertes como arena, la cuál espesar la gelatina sin quitarle sus propiedades, a la vez que aumenta su rigidez. Otros aditivos mejoran directamente las propiedades de gelificación como la bentonita comercial y el Silicato de Sodio; También pueden usarse acelerantes de fraguado y aditivos aereantes como el polvo de aluminio. Generalmente estos aditivos son caros y no siempre justifican su empleo, salvo en aquellos casos en que las cantidades a usarse son pequeñas. No debe olvidarse sin embargo que el diseño habrá que fundamentarse de la arcilla y el cemento.

2.5.1-2 PARÁMETROS DE DISEÑO.

Como ya se explicó la escogencia de la arcilla está basada en su baja permeabilidad.- De esta forma el grado de impermeabilización logrado con las inyecciones sería determinado por pruebas directas de campo.

Las otras características solicitadas son: tixotropía, buena suspensión, tiempo de fraguado controlable, trabajabilidad, un mínimo de resistencia y fluidez.

TIXOTROPÍA: la gelificación puede ocurrir a diferentes intervalos; no conviene que ocurra muy rápidamente para evitar que, accidentalmente, puede obstruir el equipo de inyección al solidificarse; si por el contrario, ocurre muy lentamente, la mezcla correrá sin control por el suelo, trasladándose mayor distancia de la necesaria. Combino en solicitar un tiempo de gelificación variable entre 15 y 45 minutos.

SUSPENSIÓN: antes de que la mezcla gelifique debe evitarse una alta sedimentación de las partículas. La sedimentación se mide como la cantidad de agua libre con relación al volumen inicial de mezcla colocado en una probeta.

TIEMPO DE FRAGUADO: para el proceso de inyectado se escogió el método de tramos descendentes, que consiste en perforar un tramo de cierta longitud, inyectarlo hasta el sellado, luego perforar ese tramo y perforar el siguiente, inyectar de nuevo y así hasta alcanzar la longitud total de inyectado. De esta forma, cuando se va a reperforar un tramo, es indispensable que la mezcla haya adquirido cierta resistencia para soportar

el proceso. Se solicitó un tiempo de fraguado máximo de 12 horas. Para determinarlo se usaría la prueba de fraguado de Vicat.

RESISTENCIA: la resistencia a la compresión dependerá de la carga máxima que actúe sobre ella.

FLUIDEZ: la fluidéz determina el grado de penetración de la mezcla en el suelo. Es claro que según, sea el tamaño de las grietas, se especificará la fluidéz. No es sencillo sin embargo determinar la abertura a esperar en las grietas, por lo que no queda otra alternativa que ensayar varios grados de fluidéz y usar uno u otro, de acuerdo a la aceptación del terreno. El parámetro normalmente usado para medir esta condición es la viscosidad. Teniendo en cuenta la necesidad de que los ensayos a efectuar en el laboratorio deben ser fácilmente reproducibles en el campo, se determinó una viscosidad relativa mediante el llamado "Cono de Marsh". Este cono tiene 30 cm de altura y un diámetro superior de 15 cm; en su vértice se colocan boquillas de diferentes diámetros, según se desee (hay varios tipos: de 5,8,9 y 11 mm. El cono tiene una capacidad aproximada de 1750 cc; la prueba consiste en llenar con mezcla y medir el tiempo necesario para que salgan los primeros 1000 cc. Ese tiempo expresado en segundos, se conoce como "Viscosidad Marsh".

2.5.2 LECHADAS PARA RESTAURAR GRIETAS EN OBRAS DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA.

Las mezclas de concreto se emplean para impermeabilizar o para consolidar. Se puede pensar en un efecto combinado cuando no interese un volumen muy elevado por rellenar, lo que encarecería mucho el trabajo.

Dependiendo del medio por tratar, el uso de lechadas basándose en cemento se limita, para el caso de impermeabilización, por el medio poroso que deberá atravesar la suspensión y por el tamaño de las grietas por sellar. En efecto cuando se pretende emplear lechadas basándose en cemento e impermeabilizaciones de cimentaciones de estructuras sometidas a flujo de agua, si la estructura de la grieta por sellar es abierta, las soluciones inyectadas tendrán un radio de acción elevado abatiendo el costo por metro de perforación tratado. Desgraciadamente no siempre se puede disponer de medios porosos óptimos ni de fisuras o grietas con aberturas suficientemente grandes como para permitir el paso de los granos mas grandes de la suspensión.

Para evitar el problema antes mencionado se puede disponer de cementos de finura elevada (superiores a 5000 cm²/gr Blaine); pero a no ser una obra que justifique su fabricación especial, no se recomienda por su elevado costo.

2.5.3 LECHADAS PARA RELLENAR CELDAS DE MUROS DE MAMPOSTERÍA.

Esta lechada consiste en una mezcla de cemento, agregados y suficiente agua para que la colocación de esta en los huecos de los bloques sea más fácil. Cuando la lechada esta compuesta con agregado grueso, este está limitado por el tamaño del hueco en el que será colocada la lechada.

La función principal de la lechada es la de unir íntegramente las unidades de mampostería con el acero de refuerzo, de tal forma que actúen juntos como un material homogéneo y resistan las cargas impuestas. Esto es importante si se desea obtener buena resistencia a flexión, ya que la mayor parte de los esfuerzos a tensión los desarrollará el acero de refuerzo.

La lechada debe de ser de consistencia fluida (relación A/C alta), con el objeto de que su resistencia no se vea afectada por el agua que absorben los bloques además de que se facilite su colocación.

2.5.3-1 COMPONENTES DE LA LECHADA.

Los materiales para las lechadas y el tipo de lechada utilizada en construcción de mampostería reforzada debe de cumplir con especificaciones de la Norma ASTM C-476.

CEMENTO PORTLAND.

Generalmente se utiliza el cemento tipo I, que cumple con las especificaciones ASTM C-150. Dependiendo su resistencia principalmente de la relación A/C; siempre que los agregados sean limpios estructuralmente sanos y que la mezcla sea fluida, trabajable, sin segregación de los materiales y que puede ser colocada sin pérdida de agua de mezclado.

AGREGADOS.

Los agregados gruesos y finos deben cumplir con la norma ASTM C-404. Cualidades primordiales que deben poseer los agregados son:

- a) Una buena granulometría,
- b) Limpieza,
- c) Granos duros y resistentes.

El uso de los agregados es para obtener una masa densa, de mayor resistencia, trabajable y durable; minimizando la cantidad de material cementante, proporcionando así una buena adherencia entre mortero bloque y refuerzo.

CAL HIDRATADA.

Debe cumplir con las especificaciones ASTM C-207. Se usa ocasionalmente para incrementar la fluidez y mejorar la retención de agua de la mezcla. Su uso es restringido y se permite hasta un 10% por volumen.

AGUA.

Es el material indispensable para la debida reacción entre sí de los diferentes componentes de la mezcla, creando trabajabilidad plástica, una mezcla bastante fluida, iniciándose la acción cementante esencial para la adherencia entre bloque, mortero, lechada y refuerzo. El agua a utilizar debe ser limpia libre de sal, ácido, álcalis, aceite, materias orgánicas y otras sustancias perjudiciales.

La aparente alta relación A/C de la lechada, es compensada por la gran cantidad de agua absorbida por los bloques porosos.

2.5.3-2 CLASIFICACION DE LECHADAS.

De acuerdo al tamaño de sus agregados se clasifican en:

- a) Lechadas Finas. Se utiliza para llenar huecos que tengan como máximo 5 cm y no contiene agregado grueso.
- b) Lechada Gruesa. Contiene arena y agregado grueso, se utiliza para espacios mayores de 5 cm que no exceden de 12.5 cm.

Estos tipos de lechadas deben de fluir consistentemente sin segregación de los materiales, asegurando el lleno de la cavidad y el apropiado recubrimiento del acero.

El revenimiento o asentamiento de la lechada a utilizar en mampostería reforzada debe oscilar entre 20 cm (8 pulg.) y 25 cm (10 pulg.). Debiendo ser de 25 cm para unidades con baja absorción y de 25 cm para unidades de alta absorción.

2.5.3-3 COLOCACIÓN DE LA LECHADA.

La lechada puede colocarse de dos formas:

1- Lechada de colado bajo.

Es el método más simple y común la lechada se coloca hasta la altura media de la pared aproximadamente y el nivel de llenado debe quedar 4 cm abajo de la cara superior del bloque de la última hilada (ver fig. 2.8).

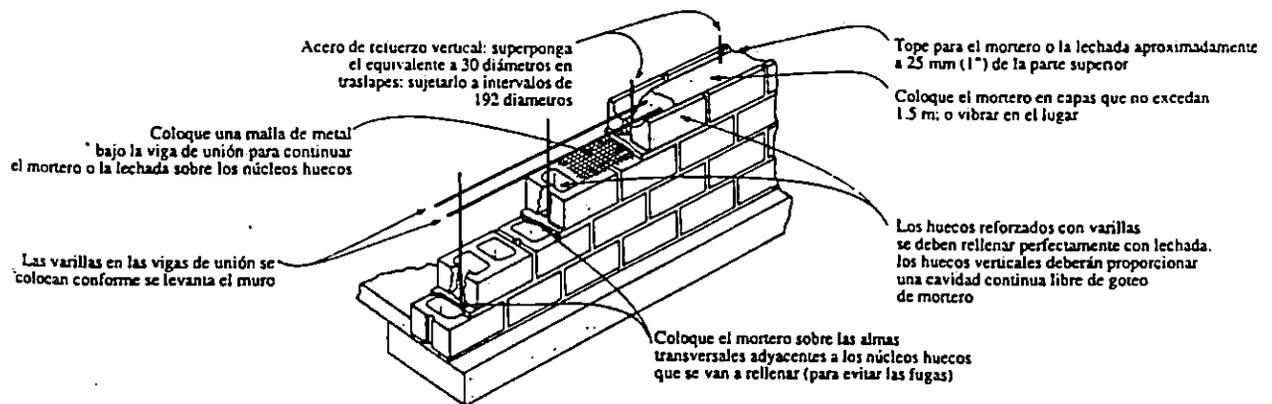


Figura 2.8 Aplicación de Lechada a poca altura en un muro de mampostería reforzada
Fuente: Lechadas Cementantes e Inyección de Lechada.

2- Lechada de colado alto.

Permite que la lechada se coloque en la altura de la pared lo que posibilita levantar primero las paredes hasta una segunda altura y luego colocar el refuerzo

vertical. En este método se restringe la dimensión mínima para las celdas que contengan acero de refuerzo.

En ambos métodos la lechada debe colocarse dentro de 1 ½ hora después de su elaboración. Después que ha sido colocada la lechada debido a su plasticidad, la vibración debe ser mínima para evitar la segregación de los materiales asegurar un lleno completo y una buena adherencia con el refuerzo y la pared de mampostería.

2.5.3-4 MUESTREO Y ENSAYE.

Se puede usar el estándar C-1019 de ASTM para el control de calidad de la uniformidad de una lechada durante la construcción o como ayuda para seleccionar su proporcionamiento. Para hacer especímenes de prueba a la compresión, dicho estándar recomienda moldes formados con unidades de mampostería, que tengan las mismas características de absorción y contenido de agua que las unidades que se utilizan en la obra. Esto simula las condiciones en la estructura, donde las unidades absorben libremente el agua de la lechada, reduciendo así la relación agua-cemento e incrementando su resistencia (véase figura 2.9). Los especímenes para la prueba de compresión no se deben vaciar en los moldes cilíndricos que generalmente se emplean para las muestras de concreto, debido a que el alto contenido de agua de la lechada daría lugar a valores bajos de resistencia, no indicativos de la resistencia real en una pared o muro. Para las pruebas de revenimiento y de resistencia se debe tomar una muestra de un

mínimo de 14 litros de lechada. La muestra de lechada se debe tomar en el momento de su aplicación en el muro o pared. El espécimen debe ser un prisma cuadrado nominal de 7.5 cm o mas, con una altura igual a dos veces el ancho. Tres prismas de prueba deben representar una muestra de lechada.

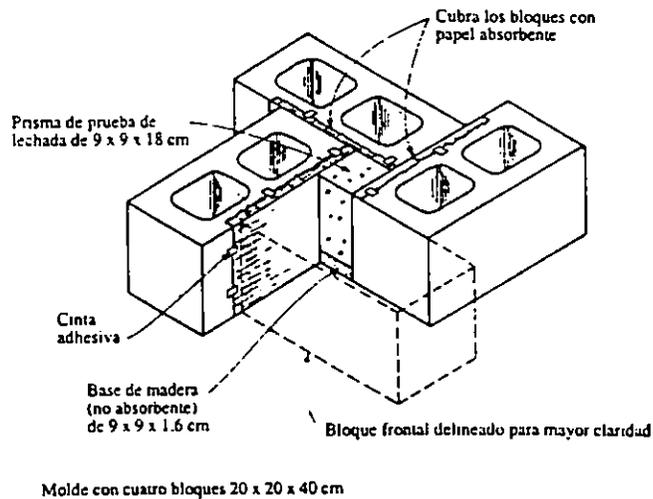


Figura 2.9 Método ASTM C-1019 para tomar muestras de prueba a compresión de lechada de mampostería
Fuente: Lechadas Cementantes e Inyección de Lechada

2.6 APLICACIONES A ELEMENTOS POSTENSADOS.

El método más usado para confinar los tendones en los ductos de sistema de postensado consiste en rellenar dichos ductos con lechada de cemento. Con estos rellenos se logran varios propósitos.

- 1- Confinar el acero en un medio ambiente alcalino protegiéndolo contra la corrosión.

- 2- Llenar el ducto para que el agua no entre ni se congele dentro del mismo.
- 3- Asegurar la adherencia necesaria entre los tendones y el concreto estructural.
- 4- Complementar la sección transversal del concreto.

El relleno debe hacerse dentro de las 48 horas siguientes a la colocación del acero y 24 horas después de la aplicación del preesfuerzo; si los tendones deben permanecer colocados y sin relleno durante un tiempo mayor que el mencionado es preferible no aplicarles ningún esfuerzo y protegerlos de manera especial contra la corrosión. Uno de los métodos para lograr esto consiste en espolvorear los tendones con polvo VPI, en el momento de insertarlos, sellando después el ducto y sus extremos con cinta adhesiva.

La técnica de relleno es uno de los factores más importantes en toda la secuencia de la construcción presforzada como es compleja y depende de una ejecución hábil y adecuada por parte del trabajador, se han establecido varias reglas y procedimientos para asegurar que de buenos resultados.

Idealmente el relleno debe tapar toda la sección transversal, sin dejar huecos; sin embargo, no debe estar sujeta a grandes presiones, pues ocasionarían su expansión y consecuentemente grietas longitudinales en el concreto estructural (ver fig. 2.10). Debe ser denso y homogéneo a lo largo del acero; (en la práctica actual el límite aceptado es "hueco no mayores de 1/8", o 3 mm de diámetro), debe fluir rápidamente para llenar los intersticios que haya entre los alambres y entre estos y los ductos donde se apoya. El

relleno no debe ser propenso a rupturas ocasionadas por la congelación y el deshielo y debe tener una alta resistencia a la compresión y a la adherencia; también debe alcanzar lo más pronto posible una alta resistencia y contener una cantidad relativamente grande de cemento.

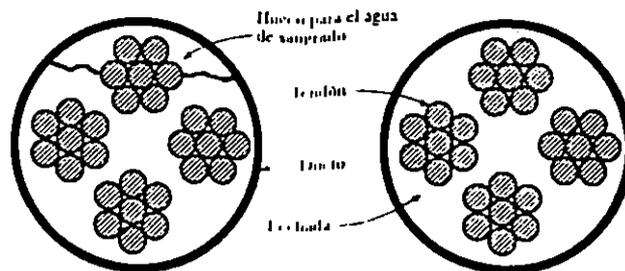


Figura 2.10 Lechada para ductos en Elementos Postensados
Fuente: Lechadas Cementantes e Inyección de Lechada.

Los materiales, mezclas y procedimientos de inyección deben seleccionarse de manera que el escurrimiento de relleno sea mínimo después de inyectarlo. El escurrimiento se debe que el peso específico del agua es solo una tercera parte del peso del cemento; por consiguiente el cemento tiende a sedimentarse y pueden quedar gotas de agua dentro de los ductos. El agua atrapada puede congelarse y ocasionar la ruptura del miembro o puede reabsorberse dejando huecos con aire a lo largo de los tendones, lo que tal vez origine un ingrediente de oxígeno, y la subsecuente corrosión.

En el relleno se utilizan con frecuencia agentes expansores más no deben ser muy fuertes porque pueden romper el ducto; La expansión total no deberá exceder 10% (medidas sin confinar. Durante la prueba, es conveniente cubrir el tubo de ensayo para

evitar la evaporación no se recomienda el uso de polvo de aluminio, que genera gas de hidrógeno, ya que exista la posibilidad remota pero real que se libere hidrógeno monomolecular, el cuerpo debe producir fragilidad en el acero. En el mercado existen mezclas que liberan gases relativamente inertes como el nitrógeno.

Además la expansión es inútil y perjudicial si se lleva a cabo durante la mezcla y no después de la inyección.

Lo principal para asegurar un relleno satisfactorio y, por consiguiente el factor de control más importante es la relación A/C, la cuál no debe ser mayor de 0.45; el relleno debe mezclarse perfectamente con la máquina, para asegurar un mezclado natural y obtener un relleno fácil de inyectar. Se ha comprobado que el relleno a base de Agua y Cemento es satisfactorio para ductos hasta de 3 a 5 pulg. (7.5 a 12.7 cm) de diámetro.

Para ductos grandes se utiliza en ocasiones un relleno de arena y cemento en estos casos conviene inyectar primero un relleno basándose en cemento puro y a continuación inyectar el relleno de arena y cemento. Después del curado inicial (por lo general de 1 1/2 a 2 horas) debe hacerse una segunda inyección del relleno de cemento puro.

2.6.1 DUCTOS.

El tamaño del ducto debe seleccionarse de manera que la relación entre el área del tendón de acero y el área de la sección transversal del ducto sea aproximadamente de 0.5; si se llena con acero un porcentaje mayor del ducto se formarán más huecos. Se ha demostrado que se encuentran menos huecos cuando se utilizan tendones de torones de acero que cuando se emplean alambres, quizá porque las burbujas de aire pueden escapar más fácilmente alrededor de los torones y porque el relleno puede penetrar más fácilmente en las espirales del torón.

Solo puede obtenerse un relleno adecuado cuando todo el sistema está libre de agujeros o juntas que pudieran permitir la fuga de la mezcla a través de los ductos; para esto se requiere sellar de manera efectiva la junta entre miembros precolados y que en el sistema no haya bloqueos ni restricciones. Estos pueden ser el resultado de abolladuras o rupturas en los ductos, escombros, materiales extraños o hielo; deben evitarse también cambios bruscos en la alineación o sección transversal de los ductos.

A menos de que se tenga un sello adecuado pueden presentarse fugas de un ducto a otro en las juntas de miembros precolados o bien cuando dos o más de ellos se apilan juntos y los ductos (o sus juntas) no se rellenaron correctamente con la lechada de cemento.

Frecuentemente, los ductos, especialmente los de metal delgado, son inutilizados por la corrosión durante el transporte o almacenamiento, por desgarramiento o ruptura en el manejo o por el desgarramiento al colocarlo junto al acero de refuerzo. Las juntas de los ductos pueden abrirse accidentalmente al insertar un tendón antes de colocar el concreto. También los ductos pueden ser perforados por los carpinteros al hacer los agujeros para los elementos de la cimbra, o bien por el uso rudo de un vibrador interno.

Para asegurarse que no tengan defecto, los ductos pueden inspeccionarse visualmente con la ayuda de una lámpara, por medio de aire comprimido o agua; no se requiere que sean totalmente herméticos bajo presión de aire, pero esta prueba ayuda a localizar fugas mayores.

La reparación o sello de los ductos puede hacerse con cinta a prueba de agua pero en caso de agujeros o huecos mayores de $\frac{1}{4}$ " (6.0 mm) deben sellarse mediante una solera de metal fijada con cinta sobre el agujero.

Para inyectar el relleno y permitir el escape de aire y agua en todos los puntos altos, en los cambios de sección del ducto, y en la terminación de los tramos de relleno, se requieren aberturas o ventilas en el mismo. Estas también pueden sellarse con cinta. Es conveniente tener este tipo de ventilas en los puntos bajos para evitar que el agua se almacene.

Después de colocar el cemento pero antes de insertar los tendones, puede revisarse si los ductos no están bloqueados pasando a través de ellos una bola de hule de diámetro adecuado, mediante un alambre, o bien usando aire comprimido. Una vez insertados los tendones podrá observarse si existe un bloqueo moviéndolo hacia ambos extremos una y otra vez (esto ayudará también restricciones menores. En caso de introducir aire comprimido por un extremo del ducto, este debe pasarse a través del ducto conservando solo una presión nominal en la entrada; la salida puede cerrarse y hacerse la prueba de hermetismo. Si la presión disminuye lentamente el ducto es lo suficientemente hermético; pero si la presión baja rápidamente, hay una fuga.

2.6.2 MATERIALES.

El cemento utilizado debe ser ASTM tipo I, II o III y debe estar totalmente libre de terrones de otra manera habrá serias dificultades.

La relación A/C debe limitarse a 5 galns. (aproximadamente 19 litros) por saco de cemento (relación A/C de 0.45 o menor) utilizando un aditivo retardante según sea necesario.

Si se utiliza el aditivo, es necesario que contenga un agente expansor que de 5 a 10% de expansión no restringida y no debe contener cloruros, como el de calcio que

exceda un 0.25% en relación a su propio peso. Cuando exista la posibilidad de congelación y deshielo, debe incluirse aire en un porcentaje de 4 8%.

Si se utiliza arena como el caso de relleno en ductos grandes, esta debe ser fina y la mezcla debe contener cuando menos 10 sacos de cemento por yarda cúbica (0.76 m³). No se recomienda el uso de arena en ductos de tamaños normales (menores de 5 pulg. o 13 cm). La proporción de la mezcla debe hacerse por peso.

2.6.3 EQUIPO DE RELLENO.

El equipo de relleno debe ser capaz de producir un relleno de consistencia uniforme y, si es posible, coloidal; es necesario que el mezclado sea mecánico, no natural. Primero debe colocarse el agua en la mezcladora y después el cemento (a continuación la arena, si es necesaria. Los aditivos se agregan durante la etapa final de mezclado, el cual nominalmente dura de 2 a 4 minutos; después de mezclarlo, el cual nominalmente dura de 2 a 4 minutos; después de mezclarlo, es necesario agitar o mover continuamente el relleno.

La bomba para relleno debe ser de desplazamiento positivo y producir cuando menos una presión de descarga de 150 lb/pulg² (10.5 kg/cm²), debe contar con sellos adecuados para evitar la introducción de aceite, aire u otras sustancias extrañas en el relleno y para evitar pérdidas de relleno o de agua. La presión de bombeo debe regularse

para evitar presiones mayores que la mencionada anteriormente, de modo que las fugas se mantengan al mínimo y se eviten daños; para esto es necesario instalar un medidor de presión en la salida de la bomba.

El relleno debe cernirse antes de colocarlo en la bomba. La abertura libre de las mallas debe ser de aproximadamente 0.07 pulgadas (1.8 mm, malla No. 14) y el relleno se alimentará por gravedad a la bomba, ya que alimentándola por medio de succión hay una tendencia a meter aire dentro de la mezcla. Todas han de contar con un equipo de bombeo de agua para enjuague, con una fuente de poder independiente, para una presión de 250 lb/plg² (17.5 kg/cm²).

Si se balancean y se programan debidamente las proporciones entre los materiales, el método para agregarlos a la mezcla y el tiempo de mezclado, se obtendrá un relleno que:

- a) será fácil de bombear inicialmente
- b) No fraguará antes del tiempo planeado de relleno;
- c) tendrá una buena resistencia final.

La temperatura del relleno no debe ser mayor de 90 °F; si es necesario, el agua de la mezcla se debe enfriar, ya que es más común tener bloqueos o taponamientos en climas calientes.

Generalmente la inyección por medio de aire comprimido no es satisfactoria y no debe utilizarse, pues existe el peligro de introducir una bolsa de aire y obtener un relleno no uniforme y errático.

2.7 LECHADAS UTILIZADAS EN PLACAS DE BASE Y PERNOS DE ANCLAJE.

Las siguientes notas describen un método de colocación de las lechadas de contracción controlada a base de cemento que se usan en la parte baja de las columnas de acero estructural (fig. 2.11).

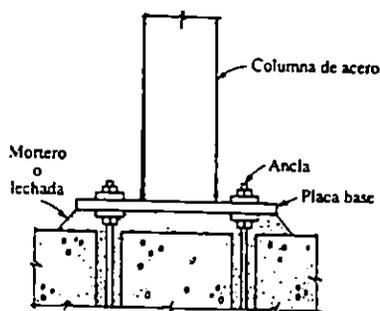


Figura 2.11 Placa Base de columna con inyección de lechada y tornillos de anclaje embebidos
Fuente: Lechadas Cementantes e Inyección de Lechada.

2.7.1 PREPARACIÓN.

CONCRETO

El sustrato de concreto debe limpiarse, raspase y prehumedecerse con agua durante 24 horas antes de aplicar la lechada. Estos son pasos esenciales que no deben pasarse por alto. La limpieza y el raspado aseguran que la lechada se una al sustrato. Pero más importante es el prehumedecimiento que evita que el concreto seco absorba el agua de la lechada antes de su estabilización final. Un sustrato de concreto seco podría ocasionar la contracción de cualquier lechada para control de contracciones de no muy buena calidad, especialmente cuando se coloca con consistencia pastosa o de aplicación en seco.

PLACA-BASE.

Las placas deben alinearse y limpiarse de todo tipo de grasa, suciedad, oxido y restos de cemento. En algunos casos pueden necesitarse ventilas para eliminar las bolsas de aire, especialmente en placas-base con ensambles o compartimientos en el lado inferior. Las cimbras de las placas-base necesariamente variaran debido a una serie de factores, incluyendo el tamaño de la placa y si esta es para una maquina vibradora dinámica o para carga estática como ocurre en las columnas de acero estructurales. Generalmente no se recomienda usar lechadas con base de cemento en profundidades a menos de 2.5 cm. En aquellos casos en que la profundidad de la lechada exceda de los 2.5 cm, puede necesitarse añadir un 50% mas por peso, de grava de 3/8.

TEMPERATURA.

Se debe seguir los lineamientos del ACI para el concreto de clima frío y cálido. Muchos de estos principios se aplican a las lechadas de contracción controlada con base de cemento. En condiciones de clima frío la preparación adecuada incluirá calentar el substrato de concreto y de la placa-base 5°C o por encima, almacenar la lechada en un sitio tibio y usar para la mezcla agua tibia (por encima de los 32°C). En condiciones de clima cálido los pasos más comunes incluyen el uso de hielo o agua de mezcla fría y, si es posible, almacenar la lechada en un área fresca y sombreada. También es aconsejable enfriar la placa con agua fría. En todos los casos deben tomarse medidas para moderar las temperaturas extremas.

2.7.2 COLOCACIÓN.

MEZCLA.

La lechada generalmente se mezcla en mezcladoras de mortero, en vez de mezcladoras de tambor. Se recomienda que en el lugar de trabajo haya más de una mezcladora a fin de asegurar una mezcla continua y evitar paros por fallas mecánicas. La lechada debe mezclarse hasta que tenga una consistencia uniforme y sin grumos; para esto generalmente se requieren de 3 a 5 minutos. Al mezclar la lechada deben seguirse las recomendaciones del fabricante.

CONSISTENCIA.

La consistencia de colocación variara dependiendo de la separación de la placa-base, la complejidad del trabajo y el método de colocación. En cualquier proyecto en particular, es probable que la lechada se coloque con distintos tipos de consistencia. Algunas se aplicaran en seco, algunas serán muy fluidas y algunas mas se colocarán en forma líquida. Es importante antes que nada que cualquier lechada se pueda colocar a los niveles de flujo requeridos y que sea posible prepararlas en todas las consistencias necesarias, desde lo más rígido a lo más fluido. En todos los casos de lechadas con base de cemento, la consistencia correcta será cuando la lechada pueda colocarse con la menor cantidad de agua posible.

PROFUNDIDAD DE COLOCACIÓN.

Para aplicar la lechada en superficies de gran tamaño y profundidad puede ser necesario aumentar la lechada añadiendo hasta un 50% del peso en grava de 3/8. Debido al gran porcentaje de cemento que tienen las lechadas de alta resistencia de hoy en día, se genera una gran cantidad de calor exotérmico en las primeras etapas de la hidratación. En colocaciones con mas de 7.5 cm de peralte, la adición de la grava de 3/8 servirá como un efectivo disipador de calor sin afectar ni la contracción controlada ni la resistencia a compresión de la mayor parte de la lechada.

COLOCACIÓN RAPIDA Y CONTINUA.

Una vez que las superficies y la placa-base se hayan preparado, se haya determinado la consistencia y mezclado de la lechada, se procederá a su colocación inmediata. Es importante colocarla en forma rápida y continua y, si es posible, solo desde un lado. Esto evitara uniones frías y disminuirá la posibilidad de atrapamiento de aire. Es aconsejable aplicar la lechada, en primer lugar en los hoyos para pernos de anclaje a fin de evitar sorpresas posteriores, por ejemplo agua que no se haya limpiado antes de hacer la lechada. El uso de vibradores, bandas o rodillos para ayudar a mover la lechada puede ser una buena idea cuando se colocan lechadas espesas. Sin embargo debe tenerse precaución en el caso de lechadas muy fluidas. La vibración extrema puede ocasionar derrames y segregación en una lechada fluida y provocar atrapamiento de aire. Si es posible para ayudar a la colocación, debe utilizarse una lechada con mayor tiempo de colocación. Es recomendable colocar la lechada al menos a 0.6 cm por encima del fondo de la placa-base a fin de asegurar un llenado completo de los huecos y cúbrala inmediatamente con mantas mojadas y compuestos de curado.

ACABADO.

Antes de la colocación final generalmente se recomienda que los extremos de la lechada se corten en ángulos de 45° a partir de la base de la placa hacia la cimentación de concreto. Esta configuración transfiere uniformemente las cargas desde la placa-base hasta el cimiento. Si los extremos de la lechada se cortan, se debe proseguir inmediatamente el curado.

2.7.3 PROTECCIÓN.

CURADO

La mayor causa y la más simple, de agrietamientos y contracción de una lechada de calidad es la falta de cuidado de procedimientos de curado. Todas las lechadas con base de cemento deben curarse cuidadosamente ya sea cubriéndolas con lonas húmedas, plástico o revistiéndolas con un compuesto de membrana de curado. En el caso de lechadas rígidas o secas, un curado húmedo resulta adecuado y en ocasiones es un aspecto crítico. En todos los casos, mientras más pronto se inicie mejor.

TEMPERATURA.

La lechada debe protegerse de las temperaturas extremas durante el primer par de días. Es primordial protegerla del congelamiento. La mayor parte de los fabricantes recomiendan que la temperatura se mantenga a un mínimo de 5°C, hasta que la lechada alcance una resistencia de 210 kg/cm².

VIBRACIÓN O MOVIMIENTO.

Después de la colocación, trate de eliminar todas o la mayor parte de las áreas de vibración externa. Esta puede ser ocasionada por maquinaria operando en las cercanías, por ejemplo compactadoras o vehículos de construcción.

2.8 LECHADAS UTILIZADAS EN ANCLAJES EN SUELOS.

Los anclajes en suelos se emplean en cualquier construcción donde una carga aplicada a una estructura o a un componente estructural pueda causar que se mueva hacia arriba o hacia los lados de su cimentación. Las aplicaciones comunes para anclajes son en rampas para eski, faros, torres, postes, chimeneas, edificios altos, plataformas de petróleo, presas de estabilización y vertederos acantilados, muros de retención, minas, túneles, tanques de agua, techos y pruebas de carga.

Los anclajes en suelos tales como arcilla, limo, arena o grava son mas complejas en todos los aspectos. Debido a los problemas relacionados con la perforación de barrenos para anclajes en suelos, la remoción de los escombros del taladrado, la contaminación con el suelo del mortero o la lechada y la impermeabilización del barreno, raramente se usan anclajes en suelos. Sin embargo, los anclajes temporales han llegado a ser ampliamente utilizados en los sótanos o en aplicaciones de muros de contención durante la construcción.

Un anclaje de suelos con un anclaje mecánico más bajo del tipo fricción, conocido como perno de roca, se usa con frecuencia en la construcción de túneles y en trabajos de minas para el soporte de rocas. El mortero o la lechada de cemento Pórtland imparte la adherencia entre la roca y el perno y protege los pernos contra la corrosión. Un cierto tipo de perno de roca usa una camisa hueca y un mortero o una lechada rígidos de

cemento y arena. Se inserta una camisa de relleno de mortero o lechada en el barreno perforado. Cuando el perno o la varilla corrugada son empujados en la camisa a través del mortero o la lechada, esta es empujada a su vez a través de la perforación para llenar herméticamente el espacio entre el barreno y el perno.

2.8.1 REVISION GEOLÓGICA.

El primer, y quizás más importante paso, es revisar el entorno geológico en el que se van a colocar los anclajes. Esta revisión indicará la factibilidad de usar anclajes, así como también determinará el diseño del anclaje. Se debe inspeccionar tanto la variación lateral como horizontal del terreno, y la distancia entre los puntos de investigación variará con la estructura del terreno. El conocimiento de las condiciones del terreno es tan primordial que pequeñas variaciones pueden afectar significativamente la operación de un sistema de anclaje.

2.8.2 MEZCLADO DEL MORTERO O LECHADA.

Para su preparación se usan cementos hidráulicos ordinarios, incluyendo los cementos para pozos de petróleo clase G, y tomando en consideración cualquier propiedad especial, como por ejemplo resistencia a los sulfatos. Los aditivos si se emplean, deben ser con la intención de incrementar la trabajabilidad, reducir el sangrado o expandir ligeramente el mortero o la lechada, pero no deben tener mas de 0.1% de

cloruros, sulfatos o nitratos, y generalmente se prohíbe el uso de aditivos a base de cloruros de calcio.

2.8.3 PERFORACION.

Los métodos de perforación que se utilizan incluyen mecanismos de rotación, percusión o rotación-percusión. Rara vez se utilizan brocas de corona de diamante para los barrenos de anclaje por sus altos costos y por la posible reducción de adherencia debido a lo liso del barreno perforado. Idealmente el método de perforación debe alterar lo mínimo posible el suelo circundante. También se debe tener mucho cuidado con la estabilidad de los barrenos para asegurar que la perforación o el lavado no afloje el suelo.

2.8.4 APLICACIÓN DE MORTERO O LECHADA.

El propósito del mortero o la lechada inyectada a un anclaje en suelos es fijar el anclaje de tal modo que las cargas aplicadas se transfieran del tendón al terreno circundante. El mortero o la lechada también protegen los tendones contra la corrosión y llenan los vacíos o fisuras en el terreno antes de la instalación de los tendones. El mezclado usualmente se hace con revolvedoras con alto flujo cortante para obtener un mortero o una lechada uniformes.

CAPITULO III

PRUEBAS DE LABORATORIO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LAS LECHADAS

3.1 INTRODUCCION

En una mezcla de lechada de inyección es importante mantener un control de calidad de los materiales a utilizar, cuando se requiere evaluar el buen desempeño de estos en un trabajo de investigación. Por otra parte se deben tener las condiciones de trabajo que sean favorables cuando se pretende determinar mediante pruebas de laboratorio las propiedades fundamentales y requeridas en un determinado diseño de mezcla. En este capítulo se dan a conocer las pruebas realizadas a los diferentes materiales utilizados en la elaboración de las mezclas de lechada. Inicialmente se da una descripción general de lo que consta el trabajo experimental, luego se describen cada una de las pruebas realizadas a los materiales, con sus respectivos resultados (arena y cemento). También se han elaborado diferentes cuadros en los cuales se han tabulado los datos más importantes para cada diseño de mezcla. Por ultimo se describe el procedimiento seguido para determinar algunas de las propiedades de la lechada tanto en estado fresco como en estado endurecido. Es importante mencionar que todas las pruebas de laboratorio realizadas se han hecho en base a normas ASTM ya establecidas.

3.2 DESCRIPCION DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

El trabajo experimental consistió en elaborar ocho mezclas de lechadas con relaciones A/C y A/MC de 0.40, 0.45, 0.50 y 0.55, para determinar la fluidez y los niveles de resistencia a compresión que se puede alcanzar con los materiales utilizados. Previo a las lechadas de prueba se estudiaron las características físicas de los componentes de la lechada por medio de ensayos de laboratorio, para aceptar su uso y obtener los datos necesarios para proceder a la elaboración de las mezclas de lechada. Las mezclas se proporcionaron tomando como base el comité ACI 301-96 para las lechadas de prueba iniciales, hasta obtener una adecuada combinación de los componentes. EL mezclado se realizó en una mezcladora de mecanismo eléctrico, con un mezclado tipo epicíclico, que de un movimiento traslacional y uno rotacional a la paleta mezcladora con capacidad para un volumen de material cementante de 1700 centímetros cúbicos (0.06 pies cúbicos). Se estudió la temperatura, sedimentación y fluidez de la lechada en estado fresco y en estado endurecido se investigó la resistencia a la compresión en cubos de 5 x 5 cms curados en agua a la edad de 3, 7, 14, 28 y 60 días.

Los materiales utilizados en las mezclas de lechada fueron:

- 1- Cemento: Pórtland (tipo I ASTM C-150).
- 2- Aditivos: Reductores de Agua de Alto Rango (H.R.W.R.)
 - Flowcable

- Polvo de Aluminio

- Intraplast Z

- Eucon 357

3- Adiciones Minerales:

- Humo de Sílice (Microsílica).

4-- Agregado Fino: Arena del río Las Cañas, M.F.= 2.85 procedencia: Departamento de San Salvador.

Las características de cada mezcla según los componentes utilizados son las siguientes:

Mezclas denominadas 1,2,3, son mezclas Agua-Cemento-Intraplast Z.

Mezclas denominadas 4, 5 y 6 son mezclas utilizando Agua-Cemento-Flowcable.

Mezcla denominada 7 es una mezcla utilizando Agua-Cemento-Humo de Sílice (Sika Fume)-HRWR-Polvo de Aluminio.

Mezcla denominada 8 es una mezcla utilizando Agua-Cemento-Humo de Sílice (Sika Fume)-HRWR-Polvo de Aluminio-Arena.

3.3 PRUEBAS DE LABORATORIO A LOS COMPONENTES.

Es importante realizar un control de calidad en los materiales que se utilizaran en las mezclas de lechadas como lo son el agregado fino, cemento, aditivos y adiciones minerales, para ello se realizaron las siguientes pruebas especificadas por las normas ASTM.

**CUADRO 3.1 PRUEBAS A LOS COMPONENTES UTILIZADOS EN
LAS LECHADAS**

PRUEBAS A LOS COMPONENTES	NORMAS
1. METODO DE PRUEBA PARA IMPUREZAS ORGANICAS DEL AGREGADO FINO PARA CONCRETO	ASTM C-40
2. METODO DE PRUEBA PARA ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO	ASTM C-136
3. METODO DE PRUEBA PARA GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	ASTM C-128
4. METODO DE PRUEBA PARA PESO UNITARIO Y VACIOS EN AGREGADOS	ASTM C-29
5. METODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO	ASTM C-187
6. METODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO CON LA AGUJA DE VICAT	ASTM C-191
7. METODO DE PRUEBA PARA GRAVEDAD ESPECIFICA DEL CEMENTO HIDRAULICO	ASTM C-188
8. METODOS DE PRUEBA PARA EL ANÁLISIS QUIMICO DEL CEMENTO HIDRÁULICO (PRUEBA DE IGNICIÓN)	ASTM C-114
9. METODO PARA MEZCLADO MECANICO DE PASTAS DE CEMENTO HIDRÁULICO Y MORTEROS DE CONSISTENCIA PLASTICA	ASTM C-305
10. METODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRAULICO	ASTM C-109
11. ESPECIFICACIÓN PARA ARENA ESTANDAR	ASTM C-778

3.3.1 AGREGADO FINO.

El agregado fino utilizado en las pruebas de laboratorio previo al diseño de mezclas de lechada, proviene del río Las Cañas, ubicado en el departamento de San Salvador. Esta arena fue seleccionada debido a los antecedentes que ha presentado en investigaciones

realizadas anteriormente, sobre diseños de mezclas de concreto, se ha demostrado que este agregado posee características buenas para utilizarse en la elaboración de este tipo de lechadas. Este agregado fue extraído en la época invernal, por lo que las pruebas realizadas a dicho agregado pueden variar con respecto a la época de verano, puesto que el arrastre de partículas es mayor en la época invernal.

El objetivo de realizar las pruebas de laboratorio al agregado fino, es el de obtener un control de calidad y determinar los datos necesarios para la dosificación de mezclas.

En resumen las pruebas realizadas fueron las siguientes:

- a) Selección de muestras representativas del acopio de arena, luego cuarteo de las muestras en una cuarteadora mecánica de acuerdo a la especificación ASTM C-702.
- b) Determinación de impurezas orgánicas ASTM C-40.
- c) Análisis Granulométrico del agregado fino ASTM C-136, Delimitación de los límites ASTM C-404 y Modulo de Finura ASTM C-125.
- d) Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino ASTM C-128.
- e) Peso Unitario del Agregado Fino ASTM C-29.
- f) Contenido de Humedad del Agregado Fino ASTM C-566.

3.3.1-1 IMPUREZAS ORGANICAS EN AGREGADO FINO PARA CONCRETO (COLORIMETRIA) ASTM C-40.

Este método de prueba describe el procedimiento para determinar en forma aproximada, la presencia de compuestos orgánicos perjudiciales en arenas naturales que se utilizan en la elaboración de morteros o de concretos.

Las impurezas orgánicas en los agregados finos se determinan colocando una muestra de arena en un recipiente que contenga una solución de Hidróxido de Sodio (NaOH) al 3% (30 gr. De soda cáustica (NaOH) por 0.97 litro de agua (H₂O)), se agita y se deja reposar durante 24 horas, luego de este tiempo se compara el color de la solución con el color de una solución estándar, si el color de la solución es más oscuro que el estándar no debe de utilizarse el agregado fino para trabajos de importancia. En este caso no se elaboro la solución estándar, ya que se siguió el procedimiento alternativo descrito en la norma ASTM C-40.

Para la arena que se utilizó en el diseño de las mezclas de lechada, y que procedía del río Las Cañas, se realizaron 3 colorimetrías, siguiendo el procedimiento alternativo descrito anteriormente en el cual se comparó el color de la solución de cada una de las muestras con la carta de colores No. 815 Hellige Tester de ASTM C-40, determinándose en todos los casos un color mas claro que el color No. 1 de la carta de colores.

La carta de colores utilizada fue:

No. 815 Hellige Tester (ASTM C-40) – Hellige color plate (hecho en USA)

<u>No.</u>	<u>COLORES:</u>
No. 1	Amarillo Claro.
No. 2	Amarillo Oscuro.
No. 3	Anaranjado (Ámbar).
No. 4	Rojo Claro (Rojo Naranja).
No. 5	Rojo Oscuro.

3.3.1-2 ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO

ASTM C-136.

El análisis granulométrico de un árido consiste en determinar la distribución por tamaños de las partículas que lo forman, o sea, en separar al árido en diferentes fracciones de partículas del mismo tamaño, o de tamaños comprendidos dentro de determinado límites, y en hallar el porcentaje que entra en el árido cada uno de éstos.

La granulometría de la arena y de los áridos gruesos se determinan independientemente haciendo una por cada tipo de árido que se vaya a utilizar en el concreto.

Antes de proceder al cribado de los áridos, estos deben secarse a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}^{10}$, especialmente en el caso de las arenas, el que se apelmacen sus granos por efecto de la humedad y queden retenidos por tamíces de más abertura que los que corresponden al tamaño real de aquellos.¹¹

Es necesario que exista un historial de pruebas de granulometría, para contemplar la variación del material del banco en función del tiempo en especial si el banco es fluvial (la arena se capta y acopia del arrastre de un río), debido a que los cambios granulométricos que se producen entre la estación seca y lluviosa, son notables.

¹⁰ Norma ASTM C-136 sección 8

¹¹ Hormigón, Manuel Fernández Canovas, Pág. 136 a 137.

Para el análisis granulométrico del agregado fino se realizaron 2 pruebas de las cuales se muestran los datos y gráficas obtenidas de los ensayos.

Límites de la norma ASTM C-404 con respecto al tamaño de las malla.

MALLA	% QUE PASA	ABERTURA mm (pulg.)
No. 4	100%	4.75 mm (0.187 pulg.)
No. 8	95% - 100%	2.36 mm (0.0937 pulg.)
No. 16	70% - 85%	1.18 mm (0.0469 pulg.)
No. 30	40% - 75%	0.595 mm (0.0234 pulg.)
No. 50	10% - 35%	0.300 mm (0.0117 pulg.)
No. 100	2% - 15%	0.149 mm (0.0059 pulg.)
No. 200	-	0.075 mm (0.0029 pulg.)

El módulo granulométrico recibe el nombre de “módulo de finura” o de Abrams cuando se emplea la serie de tamices americana.

El módulo granulométrico cuantifica el área limitada por la curva granulométrica, el eje de ordenadas y la horizontal trazada por la altura del 100 por 100, al emplear la representación semilogarítmica antes indicada.

Este módulo nos da la idea del tamaño medio del árido empleado en un concreto pero, nunca es índice de la granulometría del mismo pues pueden existir infinidad de

áridos con el mismo módulo granulométrico, que tengan granulometrías totalmente diferentes; no obstante, es interesante conocer su valor debido a que, todas las mezclas de áridos que posee el mismo módulo precisan la misma cantidad de agua para producir concreto de la misma consistencia y resistencia siempre que empleen idéntica cantidad de cemento, ya que, variaciones en el módulo de finura indica que ha habido alteraciones en los de una misma procedencia.¹²

Clasificación de las Arenas por Módulo de Finura

ARENA	MODULO DE FINURA
Muy Fina	>2.0
Fina	2.0 – 2.3
Media Fina	2.3 – 2.6
Media	2.6 – 2.9
Medio Gruesa	2.9 – 3.2
Gruesa	3.2 – 3.5
Muy Gruesa	> 3.5

El cálculo del Módulo de Finura de una arena se realiza sumando los porcentajes retenidos acumulados por las mallas No.4 a la No.100 y dividiendo esta suma entre 100.

$$M.F. = (\Sigma \% \text{ Retenido Acumulado en las mallas No. 4 a No.100}) / 100$$

¹²Hormigón, Manuel Fernández Canovas

GRANULOMETRIA DE ARENA PARA LECHADAS

NORMA DE PRUEBA: ASTM C-136

MUESTRA No. : 1

ESPECIFICACION: ASTM C-404

PROCEDENCIA: RIO LAS CAÑAS

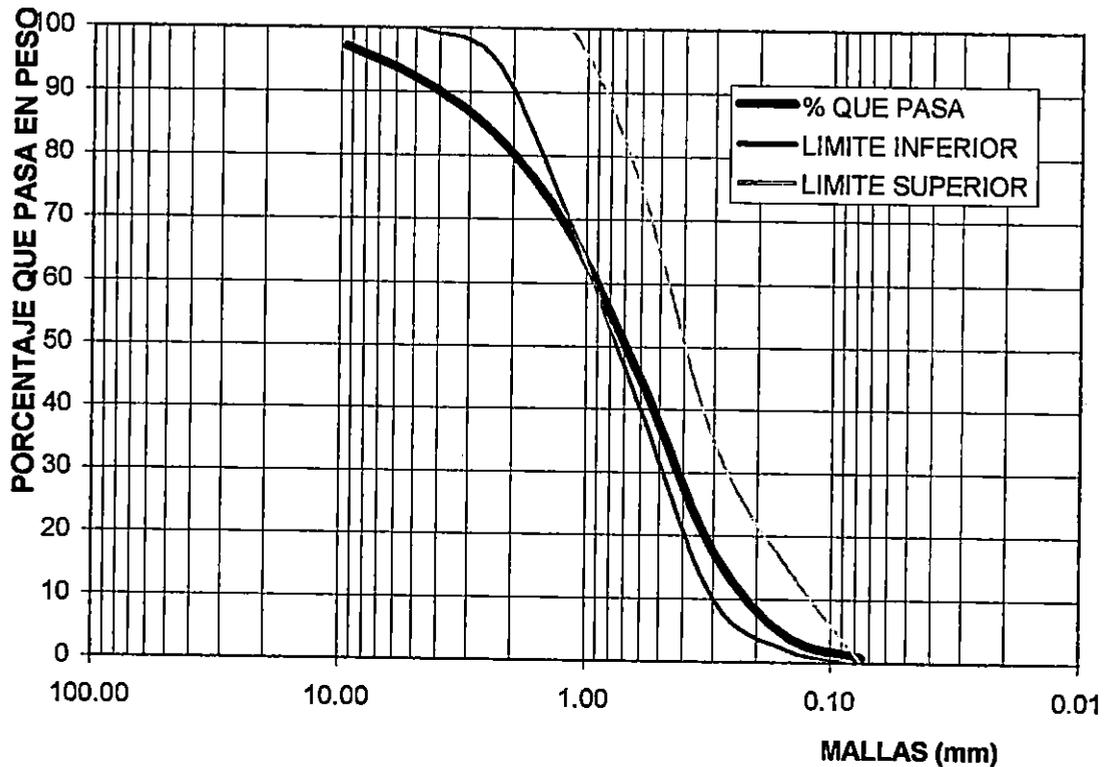
Peso Neto 500 grs.

Malla No.	Diametro de las Particulas (mm)	Peso retenido (g)	Retenido (%)		Pasa (%) Acumulado
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.50	14.70	2.94	2.94	97.06
No 4	4.75	26.40	5.28	8.22	91.78
No 8	2.36	42.50	8.5	16.72	83.28
No 16	1.18	75.30	15.06	31.78	68.22
No 30	0.60	115.90	23.18	54.96	45.04
No 50	0.30	137.30	27.46	82.42	17.58
No 100	0.15	67.40	13.48	95.9	4.1
No 200	0.075	16.30	3.26	99.16	0.84
Pasa No 200		4.20	0.84	100	0
Suma		500.00	100	492.1	

*M.F.= 2.9

* Según tabla de clasificación de las arenas por Módulo de Finura esta es una arena Media. Ver tabla de Clasificación de Arenas en página 88 de este documento

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA ARENA



GRANULOMETRIA DE ARENA PARA LECHADAS

NORMA DE PRUEBA: ASTM C-136

MUESTRA No. : 2

ESPECIFICACION: ASTM C-404

PROCEDENCIA: RIO LAS CAÑAS

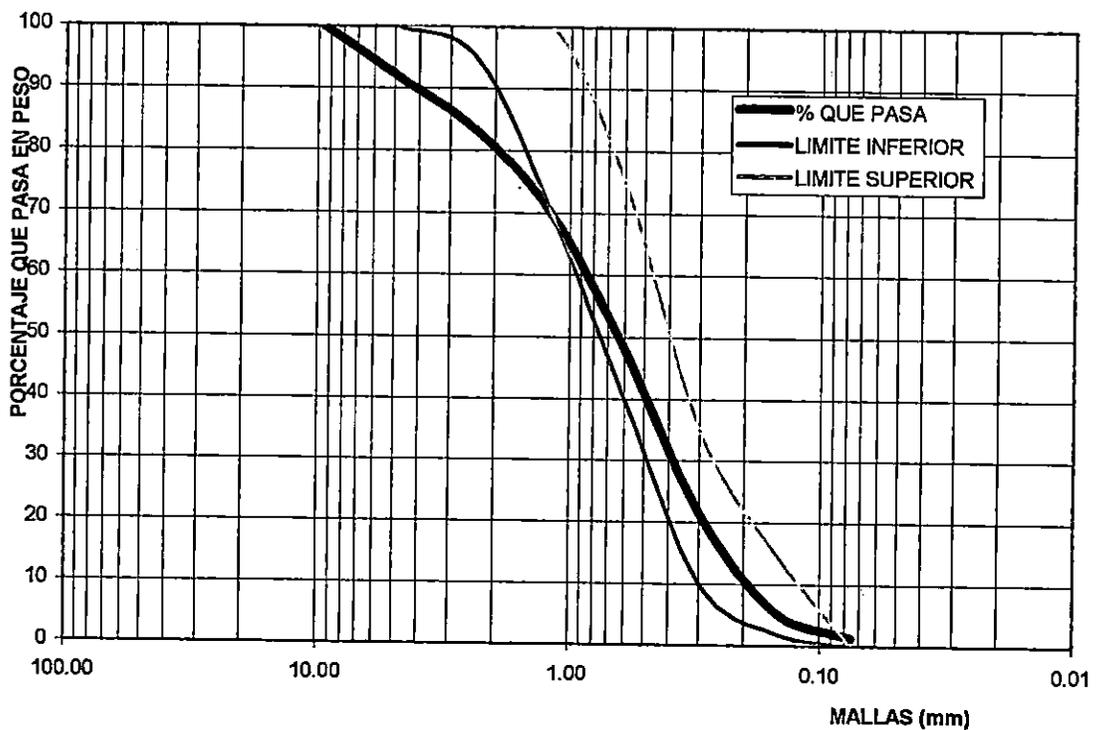
Peso Neto 500 grs.

Malla No.	Diámetro de las Partículas (mm)	Peso retenido (g)	Retenido (%)		Pasa (%) Acumulado
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.50	0.00	0	0	100
No 4	4.75	41.60	8.32	8.32	91.68
No 8	2.36	42.20	8.44	16.76	83.24
No 16	1.18	66.70	13.34	30.1	69.9
No 30	0.60	109.10	21.82	51.92	48.08
No 50	0.30	133.10	26.62	78.54	21.46
No 100	0.15	80.00	16	94.54	5.46
No 200	0.075	21.10	4.22	98.76	1.24
Pasa No 200		6.20	1.24	100	0
Suma		500.00	100	478.94	

*M.F. = 2.80

* Según tabla de clasificación de las arenas por Módulo de Finura esta es una arena Media. Ver tabla de Clasificación de Arenas en página 88 de este documento

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA ARENA



3.3.1-3 GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS ASTM C-128.

- GRAVEDAD ESPECIFICA:

La gravedad especifica de un agregado es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). La gravedad especifica se usa en ciertos cálculos para el proporcionamiento de mezclas de concreto, determinando los volúmenes absolutos, transformando las cantidades de cada uno de los materiales de peso a volumen y viceversa.

Para esta prueba, la gravedad especifica de la arena se determino en la condición saturada superficialmente seca, ya que en esta condición el agregado no absorbe ni cede agua a la mezcla de concreto, utilizándose el método del picnómetro, con muestras de arena que fueron tamizadas por la malla No. 4.

La gravedad especifica se determina por la formula siguiente:

$$G.E. = B/(A+B-C)$$

Donde: A= Peso del Picnómetro + Agua

B= Peso de la muestra en la condición SSS (Saturada Superficialmente Seca).

C= Peso del Picnómetro + Agua + Arena

- ABSORCIÓN:

La absorción de un agregado es la medida de la cantidad de agua que entra en los vacíos, en el interior de sus partículas después de un periodo de tiempo sumergido en agua. El objetivo de la prueba de absorción en la arena es determinar la cantidad de agua que absorbe el material de manera que se pueda controlar el contenido neto de agua en el concreto y se pueda determinar la cantidad de agua correcta en el diseño de la mezcla. Para el calculo de absorción de la arena se tamizaron 2 muestras en estado natural por la malla No. 4, luego se sumergieron en agua para saturarlas durante 24 horas, posteriormente se decantaron para extraerles el agua y llevar las muestras a la condición Saturada Superficialmente Seca (SSS), luego de obtenida esta condición se procedió a determinar la gravedad especifica, posteriormente las muestras se colocaron en el horno durante 24 horas a una temperatura de 110 ± 5 °C para determinar la absorción.

La absorción se calcula por la formula siguiente:

$$\% \text{ de Absorción} = [(P_{sss} - P_s) / (P_s)] \times 100$$

Donde:

P_{sss} = Peso de la muestra en condición Saturada Superficialmente Seca (SSS).

P_s = Peso seco de la muestra obtenida en horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.

A continuación se muestran 2 ensayos de Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Fino.

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LA ARENA

PROCEDENCIA:	RIO LAS CAÑAS DEPTO. DE SAN SALVADOR
NORMA DE ENSAYO:	ASTM C-128

GRAVEDAD ESPECIFICA (G.E.)

PRUEBA No.	PESO DEL PICNOMETRO (gr.)	PESO DEL PICNOMETRO + AGUA (A) (gr.)	PESO DE LA MUESTRA SSS (B) (gr.)	PESO DE PICNOMETRO +AGUA+ARENA (C) (gr.)	GRAVEDAD ESPECIFICA $GE=B/(A+B-C)$
1	432.00	1483.1	500	1773.1	2.38
2	425.20	1475.8	500	1765.7	2.38
PROMEDIO G.E.=					2.38

OBSERVACIONES: Para esta prueba se utilizo el "Método del Picnómetro".

ABSORCIÓN (%)

PRUEBA No.	PESO SSS (P _{sss}) gr.	PESO SECO + TARA (gr.)	TARA (gr.)	PESO SECO (P _s) gr.	% DE ABSORCION $(P_{sss}-P_s)/P_s*100$
1	500	588.7	106	482	3.73
2	500	574.2	97.2	477	4.82
PROMEDIO ABS.=					4.28

3.3.1-4 PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO ASTM C-29.

Este método es usado frecuentemente para determinar los valores del peso unitario que son necesarios para usarse en muchos métodos de proporcionamientos de mezclas de concreto. El peso unitario (también llamado peso volumétrico) de un agregado, es el peso de un agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. Este volumen es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas del agregado, para determinar el peso volumétrico de los agregados. Este método es usado frecuentemente para determinar los valores del peso unitario, la norma ASTM C-29 describe tres métodos para consolidar el agregado en el recipiente especificado dependiendo del tamaño máximo del agregado: a) Método del vaciado con pala (PVS), b) Método Varillado y c) Método por Sacudido o vaivén.

- PESO VOLUMÉTRICO SUELTO (PVS).

Llamado así, cuando el material al iniciar la prueba no se compacta al acomodarlo en el recipiente. Es utilizado para calcular el consumo de arena en estado suelta, necesaria como materia prima para elaborar concreto, este dato normalmente sirve para el control de materiales, utilizándose la fórmula:

$$\text{PVS} = \text{Peso de Arena suelta} / \text{Volumen de Recipiente}$$

$$P.V.V = \text{Peso de Arena Compacta} / \text{Volumen de Recipiente}$$

no es necesario, sin embargo se puede calcular por la siguiente formula:

Para esta investigación no se utilizaron estos datos ya que para el agregado fino

concreto.

acomodarlos. Es utilizado para el calculo de la dosificación y sus proporciones en el

Se nombra así, cuando al iniciar la prueba el material, se compacta al

- PESO VOLUMÉTRICO VARIADO (P.V.V).

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO (PVS)			PRUEBA No.
1	2	3	PESO DE MUESTRA + RECIPIENTE (gr.)
5329	5334	5340	PESO DE RECIPIENTE (gr.)
1619	1619	1619	PESO DE MUESTRA (gr.)
3710	3715	3721	VOLUMEN DE RECIPIENTE (cm ³)
2822.85	2822.85	2822.85	PESO VOLUMÉTRICO (gr/cm ³)
1.31	1.32	1.32	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m ³)
1314.27	1316.05	1318.17	PROMEDIO:
P.V.S.=1320 kg/m ³			

NORMA DE PRUEBA: ASTM C-29
 PRUEBAS No. 1, 2 y 3
 PROCEDENCIA: RIO LAS CAÑAS

3.3.1-5 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

ASTM C-566.

La mayoría de los agregados finos, específicamente los que provienen de los ríos, se encuentran en condiciones húmedas, por lo que debe determinarse la cantidad de agua, si es posible a diario (contenido de humedad), para poder realizar los ajustes necesarios al agua de diseño de las mezclas de concreto, de lo contrario pueden ocurrir variaciones en las cantidades de agua.

Para esta investigación los contenidos de humedad del agregado fino no se determinaron debido a que la arena utilizada para la elaboración de las mezclas se ocupó en estado completamente seco.

3.3.2 CEMENTO

Para la elaboración de lechadas se utilizó cemento Pórtland tipo I según las especificaciones para concreto presforzado sección 9 del comité ACI 301-96. En el país, se fabrica este tipo de cemento el cual cumple con los requerimientos para cemento Pórtland tipo I (ASTM C-150).

Según las normas ASTM para cementos Pórtland deben realizarse las siguientes pruebas para garantizar un estricto control de calidad:

CUADRO 3.2 ENSAYOS PARA CEMENTO PORTLAND TIPO I

NORMAS ASTM	DESCRIPCIÓN
C-150	Especificación para Cementos Portland.
C-109	Método de prueba para Resistencia a la Compresión de especímenes cúbicos de mortero usando moldes de 2"x 2" o 50x50 mm.
C-114	Método para Análisis Químico del Cemento Hidráulico.
C-115	Método de prueba para determinar la Finura del cemento por medio del aparato del turbidímetro.
C-151	Método de prueba para determinar la Expansión en Autoclave del cemento Portland (sanidad).
C-186	Método de prueba para determinar el Calor de hidratación del cemento.
C-191	Método de prueba para determinar el Tiempo de Fraguado del cemento por la Aguja de Vicat
C-204	Método de prueba para determinar la Finura del cemento usando el aparato de permeabilidad al aire de Blaine.
C-188	Método de prueba para determinar el Peso Específico del cemento.
C-305	Practica para mezclado mecánico de Pastas de cemento hidráulico y morteros de consistencia plástica.
C-187	Método de prueba para la determinación de la consistencia normal del cemento hidráulico.
C-114	Método para Análisis Químico del Cemento Hidráulico (Prueba de Ignición).

A este cemento solamente se le determinaron algunos requerimientos físicos de la norma ASTM C-150 tales como:

- a) Consistencia Normal del cemento hidráulico (ASTM C-187).
- b) Tiempo de Fraguado del cemento hidráulico por la Aguja de Vicat (ASTM C-191).
- c) Método de prueba para determinar el Peso Especifico del cemento (ASTM C-188).
- d) Prueba de Ignición del cemento hidráulico (ASTM C-114)

3.3.2-1 CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO

ASTM C-187.

Con este método de prueba se conoce la cantidad de agua que es necesario agregar a un peso de cemento (650 gr), para obtener una consistencia normal. La determinación de esta consistencia sirve como referencia para la realización de otras pruebas tales como: determinación de la Resistencia a la Tensión, Tiempo de Fraguado, Expansión en Autoclave, y otras.

El agua de consistencia normal puede definirse como la cantidad de agua necesaria para que la aguja de 1 cm de diámetro del aparato de Vicat penetre 10 ± 1 mm durante un tiempo de 30 segundos en la pasta de cemento, después de haberse iniciado la prueba. Se realizaron múltiples ensayos para encontrar la cantidad de agua optima para llegar a obtener una consistencia normal de la pasta de cemento. La cantidad de agua resultante de esta prueba se utilizaría para determinar el tiempo de fraguado del cemento Pórtland tipo I (CESSA 5000), que se emplearía en las mezclas de concreto; para esta prueba se utilizó el procedimiento para mezclado de pastas de acuerdo a la norma ASTM C-305, utilizándose el equipo de tazón de mezclado para pastas de mortero, el mismo que se ha utilizado para la elaboración de las lechadas del presente trabajo de investigación. Además se utilizó agua destilada y los ensayos se realizaron por la mañana, pues la temperatura tanto del equipo como de los materiales es muy importante en los resultados.

CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO

**NORMAS DE PRUEBA: ASTM C-187 Y ASTM C-305 Para mezclado de pasta de cemento
hidráulico y morteros de consistencia plástica**

PROCEDENCIA: Fábrica CESSA

PESO INICIAL DE LA MUESTRA: 650 gr

EQUIPO: Aparato de Vicat y Mezcladora Planetaria

CEMENTO: Portland Tipo I (CESSA-5000)

PRUEBA No:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TIEMPO DE MEZCLADO (min):	2'15"	2'15"	2'15"	2'15"	2'15"	2'15"	2'15"	2'15"	2'15"
VOLUMEN DE AGUA (ml):	150.00	145.00	140.00	135.00	130.00	120.00	125.00	122.00	125.00
LECTURA INICIAL LI (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LECTURA FINAL LF (mm)	34.00	22.00	32.00	20.00	21.00	4.00	15.00	7.00	11.00
PENETRACION LF-LI (mm)	34.00	22.00	32.00	20.00	21.00	4.00	15.00	7.00	11.00

La cantidad de agua requerida para preparar la pasta de cemento en la prueba de tiempo de fraguado es: 125 ml.

3.2.2-2 TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO POR LA AGUJA DE VICAT ASTM C-191.

El objetivo de esta prueba es determinar si el cemento a utilizar en las mezclas de lechada tenía un fraguado de acuerdo con los tiempos especificados en la norma ASTM C-150, efectuándose, pruebas con el aparato de Vicat.

El fraguado inicial de la pasta de cemento no debe ocurrir demasiado pronto, ni tampoco el fraguado final debe ocurrir demasiado tarde. Estos tiempos de fraguado indican si la pasta de cemento está desarrollando sus reacciones de hidratación de forma normal.

Se realizaron 2 ensayos, utilizándose aparatos de Vicat diferentes para cada una de las pruebas, la preparación de la pasta de cemento se efectuó de acuerdo a la práctica de mezclado mecánico de pastas de cemento hidráulico y mortero de consistencia plástica (ASTM C-305), utilizándose para la mezcla 650 gr de cemento, agua destilada (125 centímetros cúbicos).

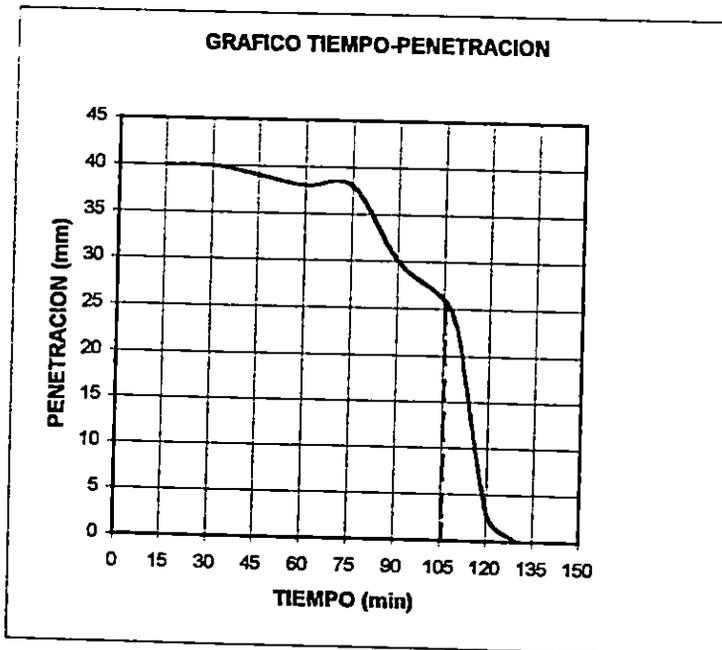
Con los datos que se obtuvieron de los tiempos de penetración de la aguja de Vicat se elaboró el gráfico Tiempo-Penetración, en donde se interceptó la curva del gráfico cuando la aguja penetra 25 mm, obteniéndose el tiempo de fraguado inicial y posteriormente el tiempo de fraguado final cuando la penetración es cero. Los datos y gráficos de los ensayos se muestran a continuación:

TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRAULICO POR LA AGUJA DE VICAT.

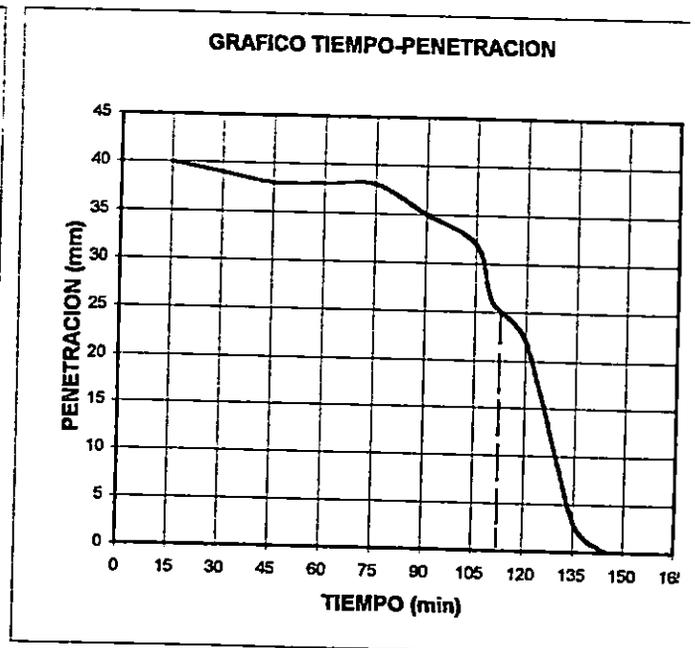
NORMA DE PRUEBA: ASTM C-191
 CEMENTO: PORTLAN TIPO I CESSA 5000
 EQUIPO: APARATO DE VICAT

HORA	TEMPERATURA
15:30	25 °C
17:40	26.5 °C
Tiempo (min)	Penetración (mm)
15	40
30	40
45	39
60	38
75	38
90	30
105	26
110	22
120	3
130	0

HORA	TEMPERATURA
15:15	25 °C
18:15	26.5 °C
Tiempo (min)	Penetración (mm)
15	40
30	39
45	38
60	38
75	38
90	35
105	32
110	26
120	22
135	3
145	0



INTERCEPTANDO LA CURVA ENCONTRAMOS
 TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (t_{fi})=106 min
 TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (t_{ff})=130 min



INTERCEPTANDO LA CURVA ENCONTRAMOS
 TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (t_{fi})=112 min
 TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (t_{ff})=145 min

3.3.2-3 PRUEBA PARA DETERMINAR EL PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO HIDRÁULICO ASTM C-188.

Al cemento se le pueden estudiar diversas propiedades, dentro de las que se encuentran el peso específico, el que se define como la relación del peso del cemento en gramos entre el volumen en mililitros que desplaza al introducirse en un líquido; con el cual no se efectuó reacción química alguna. Para su determinación se utiliza el frasco de Le Chatelier y el líquido recomendado es kerosene, petróleo, diáfano, con un peso específico no menor de 0.73 g/ml.

Para esta prueba se utilizó una muestra de cemento de 60 gramos, la temperatura de laboratorio el día que se llevo a cabo la prueba era alrededor de 29°C.

Esta prueba se realiza con el objeto de comparar el dato proporcionado por el fabricante (Fabrica CESSA), que fue de 3.15.

Los datos obtenidos se muestran a continuación:

GRAVEDAD ESPECIFICA DEL CEMENTO TIPO I C-5000

NORMA DE PRUEBA: ASTM C-188		
PROCEDENCIA: FABRICA CESSA		
	Ensayo # 1	Ensayo # 2
TEMPERATURA DE AGUA (°C)	25	25
TEMPERATURA DE KEROSENE (°C)	25	25
PRIMERA LECTURA (cm ³)	0.8	0.3
SEGUNDA LECTURA (cm ³)	21.9	21.1
PESO DE MUESTRA DE CEMENTO (grs)	64	64
PESO DE LECHATelier + KEROSENE (grs)	340.4	340.4
PESO DE LECHATelier + KEROSENE + CEMENTO (grs)	404.4	404.4
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL CEMENTO (gr/cm ³) *	3.03	3.08
PROMEDIO (gr/ml)	3.06	
* G.E. DEL CEMENTO = PESO DE LA MUESTRA DE CEMENTO (grs.) / (SEGUNDA - PRIMERA LECTURA) (ml)		

3.3.2-4 PERDIDA POR IGNICIÓN DEL CEMENTO HIDRÁULICO

ASTM C-114.

La pérdida por ignición del cemento hidráulico se determina calentando una muestra de cemento de peso conocido a 900 °C o 1000 °C, hasta que se obtenga un peso constante. Se determina entonces la pérdida en peso de la muestra. Normalmente una pérdida por ignición elevada indica prehidratación y carbonatación, que pueden ser causadas por almacenamiento prolongado e inadecuado o por adulteraciones durante el transporte o la descarga.

Los datos que se obtuvieron durante la prueba de ignición que se le hicieron al cemento (CESSA 5000) son los siguientes:

$$\text{Ignición} = ((P_i - P_f)/P_i) * 100$$

Donde:

P_i: Peso inicial de la muestra (Peso de tara + 1 gramo de cemento)

P_f: Peso final de la muestra después de haberse sometido a una temperatura de 900 ó 1000 °C.

	Peso de tara (grs)	Peso de Tara + Cemento (grs) P _i	Peso de Tara + Cemento (grs) P _f	Pérdida por Ignición (%)
Muestra # 1	21.3	22.3	22.3	0
Muestra # 2	21.1	22.1	22.1	0
Muestra # 3	21.1	22.1	22.1	0

3.3.3 ADITIVOS Y ADICIONES.

Según el comité ACI 212, el control de calidad de los aditivos puede determinarse por algunas pruebas para identificar su uniformidad. Estas pruebas son: Contenido de Sólidos, Densidad, Espectrofometría Infrarroja para determinar materiales orgánicos, Contenido de Cloruros y el Ph.

Los Aditivos utilizados en las mezclas de lechadas fueron: Expansores y Reductores de Agua de Alto Rango.

A los aditivos utilizados no se les realizó ninguna prueba ya que algunas de sus propiedades fueron obtenidas del fabricante.

DATOS DE LOS ADITIVOS:

a) INTRAPLAST Z.

- Función: Es un aditivo expansor y plastificante.
- Modo de Empleo: Se adiciona en la dosis recomendada al cemento seco y se mezcla hasta obtener un material homogéneo. El cemento así adicionado se utiliza en la elaboración de lechadas.

b) FLOWCABLE.

- Función: Superplastificante.
- Modo de Empleo: Se utiliza como adición al cemento y se mezcla junto con este y el agua durante 3 minutos, hasta obtener una mezcla plástica y homogénea que tenga un tiempo en el cono de fluidez no mayor de 20 segundos. La lechada obtenida puede ser bombeable por dos horas a menos que el cemento usado demuestre un rápido o falso asentamiento.

c) POLVO DE ALUMINIO.

- Función: Agente Expansor.
- Modo de Empleo: Se utiliza en pequeñas cantidades y se mezcla en seco junto con el cemento o materiales cementantes.

ADICIONES MINERALES:

a) MICROSILICA.

- Función: Aumenta la resistencia mecánica y química de los concretos y morteros endurecidos.
- Modo de Empleo: Viene listo para ser usado, se utiliza como adición o sustitución parcial del cemento. Se mezcla inicialmente con los agregados y luego se adiciona el cemento, para garantizar la distribución homogénea de la microsilica se incrementa el tiempo de mezclado y por ultimo se mezclan todos los componentes con el agua.

3.4 ELABORACION DE MEZCLAS DE LECHADAS DE ALTO DESEMPEÑO.

Obtenidas las propiedades o características físicas de las pruebas de laboratorio que se realizaron a los materiales utilizados en la elaboración de lechadas, se procedió a la

combinación y dosificación para obtener diferentes tipos de lechadas de prueba basándose en las especificaciones giradas en el comité ACI 301-96

En este trabajo de investigación se elaboraron ocho diseños de mezclas de lechada (1, 2, y 3 utilizando aditivo INTRAPLAST Z, 4, 5, y 6 utilizando aditivo FLOWCABLE y 7 y 8 utilizando una adición mineral llamada HUMO DE SÍLICE). Se establecieron relaciones A/C o A/MC igual a 0.40, 0.45 y 0.50 para las mezclas 1, 2 y 3 respectivamente; 0.45, 0.50 y 0.55 para las mezclas 4, 5 y 6; y de 0.45 para las mezclas 7 y 8. Proponiendo estas relaciones se determinó la resistencia a compresión para diferentes edades.

MEZCLAS 1, 2 Y 3.

Para estas mezclas se utilizó un aditivo en polvo con plastificantes y expansores finamente molido y libre de cloruros con el objeto de comprobar si cumplía con lo que establece el comité ACI 301-96 para lechadas de inyección en elementos postensados.

MEZCLAS 4, 5 Y 6.

Para estas mezclas se utilizó un aditivo llamado FLOWCABLE utilizado en los diseños de lechadas las cuales fueron utilizadas para llenar los ductos de cables de Preesfuerzo que se colocaron en los puentes San Marcos Lempa, Carretera El Litoral y Puente Cuzcatlán, Carretera Panamericana. Se utilizó un porcentaje de aditivo igual a un 4% en peso del cemento.

MEZCLA 7.

En esta mezcla se utilizó una adición mineral llamada SIKAFUME la cual se dosificó al 10% como sustitución parcial del cemento. También se utilizó un reductor de agua de alto rango (EUCON 357 HRWR), el cual se dosificó al 1.6% en base al peso del cemento), y se agrego además a esta mezcla Polvo de Aluminio (0.03%) como agente expansor.

MEZCLA 8.

Finalmente se elaboró esta mezcla utilizando los mismos materiales que se ocuparon en la mezcla 7 en las mismas cantidades y proporciones con la única diferencia que esta ultima se combinó con arena fina.

Los diseños de las ocho mezclas de lechadas elaboradas se muestran a continuación.

MEZCLA "1"

1.0 INFORMACION DE DISEÑO DE LA MEZCLA.

Cemento:	Portland Tipo I
Aditivo:	Intraplast Z
Relación A/C:	0.40
Agua de mezcla:	1040.00 ml
Fluidez:	No se determinó

2.0 PROPORCIONES DE ADITIVOS Y ADICIONES A USAR.

Aditivo inclusor de aire (INTRAPAST Z) (Kg/C):	1.0 %
--	-------

3.0 DATOS DE MATERIALES: (CEMENTO).

MATERIALES	CEMENTO
Gravedad Específica (G.E.):	3.06

4.0 CALCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO Y ADITIVO

Cemento = Agua / [(A/C)] =	1040/0.40 = 2600 grs.
Cantidad de aditivo = [(% de aditivo) x Peso de cemento] =	0.01x2600 = 26.0grs.

5.0 DOSIFICACION DE MEZCLA "1 " POR SACO DE CEMENTO.

- Cemento (Kg)	42.5
-Agua (Lt)	17.00
Aditivo Intraplast Z (Kg)	0.425

MEZCLA "2"

1.0 INFORMACION DE DISEÑO DE LA MEZCLA.

Cemento:	Portland Tipo I
Aditivo:	Intraplast Z
Relación A/C:	0.45
Agua de mezcla:	1170.00 ml.
Fluidez:	No se determinó

2.0 PROPORCIONES DE ADITIVOS A USAR.

Aditivo inclusor de aire (INTRAPAST Z) (Kg/C):	1.0 %
--	-------

3.0 DATOS DE MATERIALES (CEMENTO).

MATERIALES	CEMENTO
Gravedad Específica (G.E.):	3.06

4.0 CALCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO Y ADITIVO

Cemento = Agua / [(A/C)] =	1170/0.45 = 2600 gramos
Cantidad de aditivo = [(% de aditivo) x Peso de cemento] =	2600x0.01 = 26.0 gramos

5.0 DOSIFICACION DE MEZCLA "2 " POR SACO DE CEMENTO.

- Cemento (Kg)	42.5
- Agua (Lt)	19.125
- Aditivo Intraplast Z (Kg)	0.425

MEZCLA "3"

1.0 INFORMACION DE DISEÑO DE LA MEZCLA.

Cemento:	Portland Tipo I
Aditivo:	Intraplast Z
Relación A/C:	0.50
Agua de mezcla:	1300 ml
Fluidez:	No se determinó

2.0 PROPORCIONES DE ADITIVOS A USAR.

Aditivo inclusor de aire (INTRAPAST Z) (Kg/C):	1.0 %
--	-------

3.0 DATOS DE MATERIALES (CEMENTO).

MATERIALES	CEMENTO
Gravedad Específica (G.E.):	3.06

4.0 CALCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO Y ADITIVO

Cemento = Agua / [(A/C)] =	1300/0.50 = 2600 grs.
Cantidad de aditivo = [(% de aditivo) x Peso de cemento] =	2600x0.01 = 26 grs.

5.0 DOSIFICACION DE MEZCLA "3 " POR SACO DE CEMENTO.

- Cemento (Kg) :	42.5
- Agua (Lt) :	21.25
- Aditivo Intraplast Z (KG) :	0.425

MEZCLA "4"

1.0 INFORMACION DE DISEÑO DE LA MEZCLA.

Cemento:	Portland Tipo I
Aditivo:	Flowcable
Relacion A/C:	0.45
Agua de mezcla:	1170 ml
Fluidez:	6.4 segundos

2.0 PROPORCIONES DE ADITIVOS A USAR.

Aditivo superplastificante (FLOWCABLE) (Kg/C):	4.0 %
--	-------

3.0 DATOS DE MATERIALES (CEMENTO).

MATERIALES	CEMENTO
Gravedad Específica (G.E.):	3.06

4.0 CALCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO Y ADITIVO

Cemento = Agua / [(A/C)] =	1170/0.45 = 2600 grs.
Cantidad de aditivo = [(% de aditivo) x Peso de cemento] =	2600x0.04 = 104 grs.

5.0 DOSIFICACION DE MEZCLA "4 " POR SACO DE CEMENTO.

- Cemento (Kg) :	42.5
- Agua (Lt) :	19.125
- Aditivo Flowcable (Kg) :	1.70

MEZCLA "5"

1.0 INFORMACION DE DISEÑO DE LA MEZCLA.

Cemento:	Portland Tipo I
Aditivo:	Flowcable
Relación A/C:	0.50
Agua de mezcla:	1300 ml
Fluidez:	5.80 segundos

2.0 PROPORCIONES DE ADITIVOS A USAR.

Aditivo superplastificante (FLOWCABLE) (Kg/C):	4.0 %
--	-------

3.0 DATOS DE MATERIALES (CEMENTO).

MATERIALES	CEMENTO
Gravedad Específica (G.E.):	3.06

4.0 CALCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO Y ADITIVO

Cemento = Agua / [(A/C)] =	1300/0.50 = 2600 grs.
Cantidad de aditivo = [(% de aditivo) x Peso de cemento] =	2600x0.04 = 104 grs.

5.0 DOSIFICACION DE MEZCLA "5 " POR SACO DE CEMENTO.

- Cemento (Kg) :	42.5
- Agua (Lt) :	21.25
- Aditivo Flowcable (Kg) :	1.70

MEZCLA "6"

1.0 INFORMACION DE DISEÑO DE LA MEZCLA.

Cemento:	Portland Tipo I
Aditivo:	Flowcable
Relación A/C:	0.55
Agua de mezcla:	1430 ml
Fluidez:	5.04 segundos

2.0 PROPORCIONES DE ADITIVOS A USAR.

Aditivo superplastificante (FLOWCABLE) (Kg/C):	4.0 %
--	-------

3.0 DATOS DE MATERIALES (CEMENTO).

MATERIALES	CEMENTO
Gravedad Específica (G.E.):	3.06

4.0 CALCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO Y ADITIVO

Cemento = Agua / [(A/C)] =	1430/0.55 = 2600 grs.
Cantidad de aditivo = [(% de aditivo) x Peso de cemento] =	2600x0.04 = 104 grs

5.0 DOSIFICACION DE MEZCLA "6 " POR SACO DE CEMENTO.

- Cemento (Kg) :	42.5
- Agua (Lt) :	23.38
- Aditivo Flowcable (Kg) :	1.70

MEZCLA "7"

1.0 INFORMACION DE DISEÑO DE LA MEZCLA.

Cemento:	Portland Tipo I
Tipo de aditivo:	Eucon 357
Tipo de adición:	a) Sikafume b) Polvo de Aluminio
Relación A/MC	0.45
Agua de mezcla:	1170 ml
Fluidez:	17.70 segundos

2.0 PROPORCIONES DE ADITIVOS Y ADICIONES A USAR.

Aditivo Reductor de agua de alto rango (por peso de MC) :	1.6 %
Humo de Sílice (como adición por peso de cemento) :	10 %
Polvo de Aluminio (por peso de MC) :	0.03%

3.0 DATOS DE MATERIALES (CEMENTO).

MATERIALES	CEMENTO
Gravedad Especifica (G.E.):	3.06

4.0 CALCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO, ADITIVO Y ADICIONES.

Materiales Cementantes = Agua / [(A/MC)] =	1170/0.45 = 2600 grs.
Cantidad de Humo de Sílice (MCx % de Adición) =	2600x0.10 = 260 grs.
Cantidad de Aditivo [(% de Aditivo) x MC] =	
Eucon 357 (H.R.W.R.)	2600x0.016 = 41.6 grs.
Polvo de Aluminio	2600x0.0003 = 0.78 grs.

5.0 DOSIFICACION DE MEZCLA "7" POR SACO DE CEMENTO.

- Cemento + Humo de Sílice	42.5
- Humo de Sílice (Kg) :	4.25
- Agua (Lt) :	19.125
- Polvo de Aluminio (Kg) :	0.013
- Aditivo Eucon 357 (Kg) :	0.68

MEZCLA "8"

1.0 INFORMACION DE DISEÑO DE LA MEZCLA.

Cemento:	Pórtland Tipo I
Aditivo :	Eucon 357 (HRWR)
Tipo de adición :	a) Microsílica b) Polvo de Aluminio
Relación A/MC	0.45
Agua de mezcla:	1170 ml
Fluidez:	14 segundos

2.0 PROPORCIONES DE ADITIVOS Y ADICIONES A USAR.

Aditivo Reductor de agua de alto rango (por peso de MC) :	1.6 %
Humo de Sílice (como adición por peso de cemento) :	10 %
Polvo de Aluminio (por peso de MC) :	0.03%

3.0 DATOS DE MATERIALES (ARENA Y CEMENTO).

MATERIALES	ARENA	CEMENTO
Gravedad Específica (G.E.):	2.38	3.06
Peso Volumétrico Suelto (PVS) (kg/mt ³):	1350.83	-----
Modulo de Finura (M. F.)	2.85	-----
Absorción (%) :	4.28	

4.0 CALCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO, ADITIVO Y

ADICIONES.

Materiales Cementantes = Agua / [(A/MC)] =	1170/0.45 = 2600 grs.
Cantidad de Humo de Sílice (MCx % de Adición) =	2600x0.10 = 260 grs.
Cantidad de Aditivo [(% de Aditivo) x MC] =	
Eucon 357	2600x0.016 = 41.6 grs.
Polvo de Aluminio	2600x0.0003 = 0.78 grs.

5.0 DOSIFICACION DE MEZCLA "8" POR SACO DE CEMENTO.

- Cemento + Humo de Sílice	42.5
- Humo de Sílice (Kg) :	4.25
- Arena (Kg) :	----
- Agua (Lt) :	19.125
- Polvo de Aluminio (Kg) :	0.013
- Aditivo Eucon 357 (Kg) :	0.68

3.4.1 DOSIFICACION Y MEZCLADO DE LA LECHADA.

La dosificación es el proceso de pesar o medir volumetricamente e introducir al mezclador los ingredientes para producir una mezcla de lechada. En este caso los ingredientes fueron pesados en una balanza con presicion de 0.1 gr, mientras que el agua y los aditivos líquidos fueron medidos por volumen en probetas de 100, 500 y 1000 ml de capacidad.

La lechada debe ser mezclada completamente hasta que sea uniforme en apariencia con todos sus ingredientes distribuidos uniformemente.

Para mezclar la lechada se utilizó una mezcladora de mecanismo eléctrico, con un mezclado tipo epicíclico, que de un movimiento traslacional y uno rotacional a la paleta mezcladora con capacidad para un volumen de material cementante de 1700 centímetros cúbicos (0.06 pies cúbicos), obteniéndose de 13 a 15 especímenes cúbicos de 5x5 centímetros por bachada.

Las condiciones en que se elaboraron las mezclas fueron las siguientes:

- Mezclados dentro del laboratorio.
- Fecha de mezclado y colado: del 03/07/00 al 16/08/00
- Horario de mezclado y colado: de 8:00 a.m. a 10:00 a.m.
- Temperatura ambiental variando entre 28°C a 30°C.

El orden de carga de los elementos de la lechada en la mezcladora (dosificación para 2600 gramos de cemento) para cada una de las ocho mezclas elaboradas fue de la siguiente manera:

MEZCLAS 1, 2 Y 3

1. Pesar los componentes aditivo Intraplast Z y cemento.
2. Agregar en el tazón de la mezcladora el cemento y el aditivo y mezclarlos en seco durante 30 segundos. El objetivo de este procedimiento es lograr una mezcla homogénea de los materiales.
3. Agregar el agua de mezclado y dejar que la mezcla se hidrate durante 30 segundos.
4. Mezclar todos los componentes de la lechada durante 30 segundos a la primera velocidad de la mezcladora.
5. Apagar la mezcladora y esperar 15 segundos para limpiar las paredes del tazón y paleta mezcladora en caso de ser necesario.
6. Posteriormente se mezcla durante un periodo de 1 minuto a la segunda velocidad de la mezcladora.

MEZCLAS 4, 5 Y 6

1. Pesar los componentes aditivo Flowcabe y cemento.
2. Agregar en el tazón de la mezcladora el cemento y el aditivo y mezclarlos en seco durante 30 segundos. El objetivo de este procedimiento es lograr una mezcla homogénea de los materiales.
3. Agregar el agua de mezclado y dejar que la mezcla se hidrate durante 30 segundos.
4. Mezclar todos los componentes de la lechada durante 30 segundos a la primera velocidad de la mezcladora.
5. Apagar la mezcladora y esperar 15 segundos para limpiar las paredes del tazón y paleta mezcladora en caso de ser necesario.
6. Posteriormente se mezcla durante un periodo de 1 minuto a la segunda velocidad de la mezcladora.

MEZCLA 7

1. Pesar los componentes materiales cementantes (cemento + Humo de Sílice), Polvo de aluminio y HRWR.
2. Revolver los materiales cementantes y agregado para hacer una mezcla homogénea.
3. Agregar el agua de mezclado y mezclarlos.

4. Agregar en el tazón de la mezcladora los materiales cementantes y el polvo de Aluminio.
5. Mezclar todos los componentes de la lechada durante 30 segundos a la primera velocidad de la mezcladora y agregar el HRWR.
6. Agregar el agua mezclada junto con el HRWR y dejar que la mezcla se hidrate durante 30 segundos.
7. Mezclar todos los componentes de la lechada durante 30 segundos a la primera velocidad de la mezcladora
8. Apagar la mezcladora y esperar 15 segundos para limpiar las paredes del tazón y paleta mezcladora en caso de ser necesario.
9. Posteriormente se mezcla durante un periodo de 1 minuto a la segunda velocidad de la mezcladora.

MEZCLA 8

1. Pesar los materiales cementantes (cemento + Humo de Sílice), Polvo de aluminio, Arena y HRWR.
2. Revolver los materiales cementantes y agregado para hacer una mezcla homogénea.
3. Agregar el agua de mezclado y mezclarlos
4. Agregar en el tazón de la mezcladora los materiales cementantes, el polvo de Aluminio y la arena.
5. Mezclar todos los componentes de la lechada durante 30 segundos a la primera velocidad de la mezcladora y agregar el HRWR

6. Apagar la mezcladora y esperar 15 segundos para limpiar las paredes del tazón y paleta mezcladora en caso de ser necesario.
7. Posteriormente se mezcla durante un periodo de 1 minuto a la segunda velocidad de la mezcladora.

3.4.2 FLUIDEZ Y TEMPERATURA DE LA LECHADA.

a) FLUIDEZ.

La prueba de fluidéz (cono de Marsh) según la norma ASTM C-939 fue realizada para medir la consistencia de las mezclas de lechada elaboradas. Los tiempos de fluidez obtenidos varían dependiendo de las mezclas entre 6 y 18 segundos.

b) TEMPERATURA.

La temperatura de la lechada fresca fue medida introduciendo un termómetro de vidrio dentro del tazón de la mezcladora, permaneciendo así durante un tiempo mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilizara para tomarla (norma ASTM C-1064), esto se hacía inmediatamente después de cada mezclado realizado al igual que la prueba de fluidez y sedimentación. Las temperaturas de las mezclas fluctuaba entre 28 y 30°C.

c) SEDIMENTACIÓN.

La sedimentación de las mezclas se midió en una probeta de 1000 ml de capacidad, inmediatamente después de realizada la mezcla al igual que la prueba de fluidez y temperatura. El procedimiento para medir la sedimentación de una mezcla de lechada consistió en llenar completamente la probeta con capacidad de 1000 ml y luego tomar lecturas cada media hora durante un período de 2 horas. La sedimentación se mide tomando el volumen inicial (1000 ml) y restándole el volumen final transcurridas dos horas desde que se deposita la mezcla en la probeta, la diferencia de volúmenes así obtenida corresponde a la sedimentación de la muestra.

El siguiente cuadro comparativo muestra los tiempos de fluidez, temperatura y sedimentación que mas se repetían en cada mezcla.

CUADRO 3.3 FLUIDEZ, TEMPERATURA Y SEDIMENTACIÓN DE LAS LECHADAS.

PRUEBA	MEZCLAS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
FLUIDEZ (seg.)	-	-	-	6.4	5.8	5.0	17.7	14.32
TEMPERATURA (°C)	20	30	30	29.6	33	28.1	29.2	28.9
SEDIMENTACION	0	0	0	0	0	0	0	0

3.4.3 FABRICACION DE ESPECIMENES DE PRUEBA.

Con el fin de determinar la resistencia a la compresión de la lechada se elaboraron especímenes cúbicos de 5.0 cm x 5.0 cm de base por 5.0 cm de altura. El número de especímenes cúbicos de prueba para cada mezcla se estableció de la siguiente manera.

CUADRO 3.4 ESPECIMENES CUBICOS DE PRUEBA PARA CADA MEZCLA.

ENSAYO	EDAD DE PRUEBA (DIAS)	DIMENSION DE ESPECIMENES (CM)	No. DE ESPECIMENES CUBICOS DE PRUEBA ENSAYADOS
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	3	5 x 5 x 5 cm	18
RESISTENCIA A LA COMPRESION	7	5 x 5 x 5 cm	18
RESISTENCIA A LA COMPRESION	14	5 x 5 x 5 cm	18
RESISTENCIA A LA COMPRESION	28	5 x 5 x 5 cm	30
RESISTENCIA A LA COMPRESION	60	5 x 5 x 5 cm	16

El número total de especímenes cúbicos de 5 x 5 x 5 cm ensayados fue de 800.

Los especímenes se fabricaron de acuerdo a la norma ASTM C-953. El procedimiento se describe a continuación:

Medidos el tiempo de fluidez, temperatura y sedimentación de la mezcla de lechada y teniendo los moldes previamente engrasados para evitar que la lechada se adhiriera a las paredes de estos, se procedió a colocar la lechada en no más de 2 minutos 30 segundos por molde de 3 especímenes el procedimiento de llenado se hizo de la siguiente manera:

- 1- Se colocó una capa de lechada de aproximadamente 1" de espesor en todos los compartimientos cúbicos.
- 2- Se golpeo con un apisonador de hule en cada compartimiento de cubo 32 veces en 4 rondas, la presión del apisonado se hizo lo suficientemente justa para asegurar un llenado uniforme de los moldes. Las 4 rondas de 32 golpes se completaron en un cubo antes de ir al siguiente.
- 3- Luego que la primera capa en todos los compartimientos se ha llenado se procedió a llenar el resto del cubo con una segunda capa y repetir el procedimiento hecho en el paso 2.
- 4- Por ultimo se procedió a enrasar el molde en su totalidad a manera de nivelar la lechada y lograr que la cara superior del cubo quedara completamente plana.

Posteriormente los especímenes cúbicos se dejaron en reposo dentro del laboratorio durante 24 horas con un curado inicial que consistió en tapar los especímenes inmediatamente después del acabado de su superficie con cubiertas de papel húmedo y colocándoles encima un sobrepeso con el objeto de evitar la expansión de la superficie causada por los aditivos. Pasadas 24 horas se procedieron a desmoldar los especímenes

cúbicos de lechada y se marcaron con su respectiva identificación y se procedió al curado final.

3.4.4 LECHADA ENDURECIDA

En lechadas de alto desempeño si las propiedades en estado fresco resultan satisfactorias no se deben descuidar los procedimientos para lograr las propiedades requeridas en estado endurecido. El curado de las Lechadas de Alto Desempeño es un proceso esencial para garantizar las propiedades en estado endurecido sobre todo la resistencia a la compresión y la durabilidad, y solamente se desarrollaran completamente si la lechada ha sido curada durante un periodo adecuado antes de ponerse en servicio.

En esta investigación las propiedades de la lechada endurecida solamente fue la resistencia a la compresión determinada con especímenes cúbicos previamente curados hasta las edades de prueba establecidas.

3.4.4-1 CURADO DE ESPECIMENES DE PRUEBA.

El curado es el proceso de mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto durante un período definido inmediatamente después de la colocación y acabado.

El curado inicial y final de los especímenes cúbicos se realizó de acuerdo a la norma ASTM C-192. El curado inicial como se describió en los especímenes de prueba consistió en usar cubiertas de papel humedecidas para evitar la evaporación antes del desmoldado. El curado final, ósea después de las 24 horas de fabricación de los especímenes cúbicos consistió en la inmersión total de estos en cubetas con agua a una temperatura de 26°C, hasta cumplir con las edades de prueba para cada espécimen.

3.4.4-2 CABECEADO DE LOS ESPECÍMENES DE PRUEBA.

El cabeceo es un procedimiento para nivelar las bases y los especímenes cúbicos de lechada y así garantizar una buena distribución de esfuerzos en estos cuando son sometidos al ensayo de resistencia a la compresión.

En los especímenes de Lechada de Alto Desempeño el cabeceo es muy importante, por lo que se debe tomar en cuenta el uso de un material resistente, con una capa muy delgada de espesor uniforme, ya que es la clave para un excelente cabeceo. Si la resistencia a la compresión o el módulo de elasticidad del material de cabeceo es menor que la resistencia a la compresión con módulo de elasticidad de lechada, las cargas aplicadas a través del cabeceo no serán transmitidas uniformemente. El uso de membranas elastoméricas de neoprene han demostrado ser excelentes como material de cabeceo.

El cabeceado de los especímenes de prueba se hizo utilizando almohadillas de neoprene (ASTM C-1231). Este método de cabeceado consiste en ajustar almohadillas confinadas dentro de unos platos de retención. Este ensamble se coloca en las bases del cubo de prueba y luego se lleva a la máquina de ensayo. Se adoptó este método debido a que los cubos fueron adecuadamente enrazados y quedaron prácticamente planos en sus bases y así las almohadillas de neoprene se ajustaron perfectamente. Las almohadillas utilizadas son de alta resistencia (Grado 60) y se considero compatible con la resistencia de la lechada.

3.4.4-3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

En el ensayo de resistencia a compresión de especímenes cúbicos de Lechadas de Alto Desempeño se debe tomar en cuenta que las máquinas de compresión deberán tener una capacidad de carga de al menos de 20% en exceso de la resistencia a compresión esperada en los cubos de lechada. Por lo tanto solamente máquinas de prueba de alta calidad y propiamente calibrada deberán ser usadas para probar Lechadas de Alto Desempeño.

En esta investigación la resistencia a la compresión de los especímenes cúbicos de lechadas (5x5x5 cms) se obtuvo a diferentes edades de curado, a los 3, 7, 14, 28, y 60 días. El ensayo de resistencia a la compresión se realizó de acuerdo a la norma ASTM C- 109. Dos máquinas de compresión fueron utilizadas para la ruptura de los especímenes cúbicos de prueba, inicialmente se utilizó la Máquina Universal Tinius-Olsen y posteriormente se utilizó la Máquina Versatester, ambas del laboratorio de Suelos y Materiales de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador. El ensayo de resistencia a compresión fue realizado después de cabecear los cubos con almohadillas de neoprene confinadas en los platos de retención; fueron estrictamente centrados. Los resultados de ruptura de los especímenes cúbicos para cada mezcla son mostrados en los siguientes cuadros:

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"

ENSAYO DE RESISTENCIA DE CUBOS DE LECHADA
 A LA COMPRESION

COMBINACION: AGUA+CEMENTO (CESSA 5000)+ADITIVO (INTRAPLAST Z)
 MEZCLA "1"

MUESTRA N°	RELACION A/C	EDAD (días)	BASE (cms)	ALTURA (cms)	AREA (cm ²)	PESO (grs.)	PESO VOL. (grs/cm ³)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
43	0.4	3	5.14	5.44	27.91	185.8	1.22	1,000.00	35.83
44	0.4	3	5.12	5.14	26.32	190.0	1.40	1,100.00	41.80
45	0.4	3	5.10	5.44	27.69	186.9	1.24	900.00	32.50
46	0.4	3	5.02	5.05	25.33	157.2	1.23	700.00	27.64
47	0.4	3	4.93	4.94	24.33	145.2	1.21	715.00	29.39
48	0.4	3	5.13	5.25	26.93	162.7	1.15	1,030.00	38.24
49	0.4	3	5.14	5.20	26.70	158.3	1.14	835.00	31.27
50	0.4	3	5.06	5.05	25.50	157.2	1.22	830.00	32.55
51	0.4	3	5.08	5.41	27.43	220.4	1.49	2,150.00	78.38
52	0.4	3	5.08	5.43	27.58	217.5	1.45	1,700.00	61.63
53	0.4	3	5.08	5.31	26.97	218.4	1.52	1,800.00	66.73
54	0.4	3	4.93	5.00	24.60	162.5	1.32	1,000.00	40.65
55	0.4	3	5.10	5.18	26.39	177.7	1.30	1,100.00	41.68
56	0.4	3	5.00	5.04	25.15	187.5	1.48	1,400.00	55.67
57	0.4	3	5.08	5.13	26.03	168.8	1.26	1,250.00	48.01
58	0.4	3	4.93	5.14	25.29	168.8	1.30	1,000.00	39.54
59	0.4	3	5.08	5.27	26.75	219.5	1.56	1,650.00	61.69
60	0.4	3	5.10	5.13	26.11	283.4	2.12	1,250.00	47.87
PROMEDIO A 3 DIAS=									45.06
61	0.4	7	5.08	5.14	26.09	231.9	1.73	2,000.00	76.67
62	0.4	7	5.10	5.14	26.21	231.3	1.72	1,210.00	46.16
63	0.4	7	5.07	5.09	25.81	218.7	1.66	1,975.00	76.53
294	0.4	7	5.09	5.13	26.09	243.8	1.82	2,300.00	88.17
295	0.4	7	5.11	5.07	25.88	240.6	1.83	3,200.00	123.64
296	0.4	7	5.09	5.09	25.86	241.7	1.84	2,900.00	112.15
297	0.4	7	5.11	5.07	25.86	241.8	1.85	2,330.00	90.11
298	0.4	7	5.09	5.14	26.14	243.0	1.81	2,520.00	96.41
299	0.4	7	5.12	5.08	25.96	247.0	1.87	2,590.00	99.77
300	0.4	7	5.13	5.10	26.14	247.7	1.86	2,960.00	113.25
301	0.4	7	5.08	5.19	26.37	231.4	1.69	3,260.00	123.65
302	0.4	7	5.12	5.20	26.60	230.9	1.67	2,860.00	107.53
303	0.4	7	5.09	5.18	26.34	249.8	1.83	3,250.00	123.38
304	0.4	7	5.08	5.19	26.37	246.7	1.80	3,050.00	115.68
305	0.4	7	5.14	5.14	26.42	247.2	1.82	2,790.00	105.60
306	0.4	7	5.09	5.17	26.32	248.1	1.82	2,780.00	105.64
307	0.4	7	5.12	5.07	25.93	246.2	1.87	2,880.00	111.06
308	0.4	7	5.10	5.18	26.39	247.1	1.81	2,660.00	100.79
PROMEDIO A 7 DIAS=									100.90
309	0.4	14	5.09	5.17	26.26	248.3	1.83	3,030.00	115.37
310	0.4	14	5.09	5.16	26.21	249.2	1.84	3,110.00	118.64
311	0.4	14	5.09	5.20	26.47	251.2	1.83	3,520.00	132.99
312	0.4	14	5.10	5.18	26.37	252.1	1.85	3,780.00	143.36
313	0.4	14	5.09	5.15	26.21	251.4	1.86	3,550.00	135.43
314	0.4	14	5.09	5.16	26.21	249.4	1.85	4,400.00	167.85
315	0.4	14	5.09	5.18	26.34	251.6	1.85	3,000.00	113.89
316	0.4	14	5.09	5.16	26.24	250	1.85	3,200.00	121.96

317	0.4	14	5.09	5.17	26.29	248.5	1.83	3,600.00	136.94
318	0.4	14	5.09	5.19	26.39	249.3	1.82	3,100.00	117.46
319	0.4	14	5.11	5.06	25.81	246.1	1.89	2,700.00	104.63
320	0.4	14	5.13	5.09	26.06	243.3	1.84	2,700.00	103.60
321	0.4	14	5.11	5.04	25.73	242.4	1.87	3,000.00	116.60
322	0.4	14	4.96	4.88	24.18	321.3	2.73	3,200.00	132.34
323	0.4	14	5.10	5.16	26.26	347.2	2.56	2,850.00	108.51
324	0.4	14	5.09	5.16	26.24	341	2.52	2,550.00	97.18
325	0.4	14	5.16	5.14	26.50	346.1	2.54	2,100.00	79.26
326	0.4	14	5.02	4.97	24.92	328.4	2.65	2,600.00	104.32
PROMEDIO A 14 DIAS=									119.46
327	0.4	28	4.95	4.84	23.93	220.6	1.90	2,380.00	99.44
328	0.4	28	4.92	4.95	24.30	221.8	1.85	2,160.00	88.87
329	0.4	28	5.10	5.19	26.44	243.9	1.78	2,315.00	87.55
330	0.4	28	5.03	4.99	25.07	233.6	1.87	2,055.00	81.96
331	0.4	28	5.10	5.20	26.47	243.7	1.77	4,000.00	151.12
332	0.4	28	5.11	5.14	26.27	248.6	1.84	3,050.00	116.12
333	0.4	28	5.09	5.19	26.39	243.6	1.78	4,200.00	159.14
334	0.4	28	5.08	5.21	26.44	242.2	1.76	4,450.00	168.30
335	0.4	28	5.10	5.17	26.34	242.8	1.78	2,250.00	85.42
336	0.4	28	4.98	4.93	24.53	225.3	1.87	3,850.00	156.97
337	0.4	28	5.08	5.16	26.19	243.1	1.80	3,700.00	141.29
338	0.4	28	5.10	5.17	26.34	243.0	1.78	3,850.00	146.16
339	0.4	28	5.10	5.21	26.52	242.1	1.75	3,450.00	130.09
340	0.4	28	5.16	5.20	26.83	243.4	1.74	4,100.00	152.80
341	0.4	28	5.10	5.16	26.26	241.6	1.78	4,600.00	175.14
342	0.4	28	5.09	5.20	26.47	244.0	1.77	2,100.00	79.34
343	0.4	28	5.11	5.07	25.86	238.0	1.82	5,200.00	201.11
344	0.4	28	5.09	5.18	26.37	248.3	1.82	4,500.00	170.67
345	0.4	28	5.07	5.05	25.58	240.5	1.86	4,550.00	177.89
346	0.4	28	5.09	5.15	26.19	246.4	1.83	4,700.00	179.47
347	0.4	28	4.94	4.86	23.98	215.0	1.85	3,600.00	150.10
348	0.4	28	4.91	4.88	23.96	214.6	1.84	3,600.00	150.25
349	0.4	28	5.09	5.15	26.16	247.1	1.84	5,100.00	194.94
350	0.4	28	4.95	4.89	24.18	217.1	1.84	3,200.00	132.34
351	0.4	28	5.01	5.09	25.45	234.8	1.81	4,600.00	180.74
352	0.4	28	5.09	5.16	26.24	247.9	1.83	4,500.00	171.50
353	0.4	28	5.08	5.14	26.11	247.2	1.84	4,800.00	183.83
PROMEDIO A 28 DIAS=									244.53
354	0.4	60	5.06	5.05	25.53	229.7	1.78	3,193.58	125.10
355	0.4	60	5.10	5.14	26.16	242.1	1.80	3,854.43	147.32
356	0.4	60	5.10	5.24	26.67	249.6	1.79	4,350.07	163.09
357	0.4	60	5.11	5.08	25.96	240.03	1.82	4,515.28	173.94
358	0.4	60	5.05	4.96	25.02	227.1	1.83	4,680.49	187.05
359	0.4	60	5.09	5.17	26.32	242.2	1.78	4,019.64	152.75
360	0.4	60	5.09	5.18	26.31	242.4	1.78	3,193.58	121.36
361	0.4	60	5.09	5.14	26.14	247	1.84	4,019.64	153.79
362	0.4	60	5.02	4.90	24.57	222.8	1.85	4,515.28	183.75
363	0.4	60	5.17	5.16	26.65	239.6	1.74	4,184.86	157.02
364	0.4	60	5.13	5.29	27.14	248.9	1.73	5,341.34	196.82
365	0.4	60	5.12	5.16	26.39	250	1.84	4,019.64	152.30
366	0.4	60	4.97	5.05	25.07	225.4	1.78	3,854.43	153.72
367	0.4	60	5.09	5.17	26.32	250.04	1.84	3,358.79	127.64
368	0.4	60	5.12	5.19	26.55	253.2	1.84	5,341.34	201.20
369	0.4	60	5.10	5.13	26.16	252.8	1.88	5,010.92	191.53
PROMEDIO A 60 DIAS=									161.77

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"

ENSAYO DE RESISTENCIA DE CUBOS DE LECHADA
A LA COMPRESION

COMBINACION: AGUA+CEMENTO (C-5000)+ADITIVO (INTRAPLAST Z)
MEZCLA "2"

MUESTRA N°	RELACION A/C	EDAD (días)	BASE (cms)	ALTURA (cms)	AREA (cm ²)	PESO (grs.)	PESO VOL. (grs/cm ³)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
122	0.45	3	5.12	5.16	26.42	236	1.73	2,700.00	102.20
123	0.45	3	5.08	5.16	26.21	235.6	1.74	2,050.00	78.21
124	0.45	3	5.11	5.17	26.42	236.5	1.73	2,300.00	87.06
125	0.45	3	5.08	5.17	26.26	230.7	1.70	2,200.00	83.77
126	0.45	3	5.07	5.18	26.26	237.5	1.75	2,100.00	79.96
127	0.45	3	5.08	5.21	26.47	237.3	1.72	2,200.00	83.12
128	0.45	3	5.25	5.15	27.04	228.4	1.64	2,000.00	73.97
129	0.45	3	5.07	5.19	26.31	230.7	1.69	2,000.00	76.01
130	0.45	3	5.06	5.22	26.41	231.6	1.68	1,550.00	58.68
131	0.45	3	5.07	5.22	26.47	231.8	1.68	2,000.00	75.57
132	0.45	3	5.07	5.24	26.57	233.0	1.67	2,200.00	82.81
PROMEDIO A 3 DIAS=									80.12
67	0.45	7	5.13	5.12	26.27	216.6	1.61	825.00	31.41
68	0.45	7	5.08	5.12	26.01	220.6	1.66	1,775.00	68.24
69	0.45	7	5.09	5.21	26.52	218.1	1.58	1,130.00	42.61
208	0.45	7	5.13	5.08	26.06	236.6	1.79	2,470.00	94.78
209	0.45	7	5.11	5.10	26.06	235.1	1.77	2,880.00	110.51
210	0.45	7	5.13	5.09	26.09	238.9	1.80	2,135.00	81.84
211	0.45	7	5.09	5.145	26.16	241.5	1.79	2,860.00	109.32
212	0.45	7	5.08	5.16	26.21	243.7	1.80	2,270.00	86.60
213	0.45	7	5.09	5.15	26.19	240.8	1.79	2,280.00	87.06
214	0.45	7	5.10	5.10	25.98	241.6	1.82	1,830.00	70.43
215	0.45	7	5.09	5.16	26.24	239.4	1.77	2,230.00	84.99
216	0.45	7	5.08	5.18	26.31	239.7	1.76	2,620.00	99.57
PROMEDIO A 7 DIAS=									80.61
217	0.45	14	5.09	5.18	26.31	240.4	1.77	2,330.0	88.54
218	0.45	14	5.08	5.18	26.29	244.3	1.80	2,560.0	97.38
219	0.45	14	5.09	5.14	26.11	223.4	1.67	1,330.0	50.94
220	0.45	14	5.09	5.16	26.24	224.7	1.66	1,435.0	54.69
221	0.45	14	5.08	5.14	26.11	223.8	1.67	1,655.0	63.38
222	0.45	14	5.10	5.17	26.32	244.1	1.80	2,950.0	112.10
223	0.45	14	5.11	5.09	25.96	237.8	1.80	3,050.0	117.49
224	0.45	14	5.11	5.08	25.81	235.7	1.81	2,700.0	104.63
225	0.45	14	5.12	5.06	25.91	236.5	1.80	2,750.0	106.15
226	0.45	14	5.09	5.18	26.34	239.0	1.75	2,400.0	91.12
227	0.45	14	5.08	5.15	26.16	236.8	1.76	2,300.0	87.91
228	0.45	14	5.11	5.08	25.93	238.7	1.81	2,850.0	109.90
229	0.45	14	5.09	5.19	26.42	239.1	1.74	3,060.0	115.83
230	0.45	14	5.14	5.16	26.52	238.2	1.74	2,280.0	85.97
231	0.45	14	5.11	5.17	26.39	238.1	1.74	2,520.0	95.48
232	0.45	14	5.10	5.24	26.70	239.4	1.71	2,530.0	94.76
233	0.45	14	5.10	5.16	26.26	241.0	1.78	3,070.0	116.89
234	0.45	14	5.10	5.16	26.32	241.7	1.78	2,690.0	102.22
PROMEDIO A 14 DIAS=									94.19

235	0.45	28	5.08	5.17	26.24	244.00	1.80	2,280.0	86.90
236	0.45	28	5.15	5.08	26.14	241.80	1.82	2,870.0	109.81
237	0.45	28	5.11	5.07	25.88	238.00	1.81	2,770.0	107.02
238	0.45	28	5.10	5.21	26.55	242.10	1.75	1,940.0	73.08
239	0.45	28	5.12	5.19	26.57	241.10	1.75	2,140.0	80.53
240	0.45	28	5.09	5.19	26.39	242.00	1.77	2,365.0	89.61
241	0.45	28	5.15	5.14	26.45	246.90	1.82	2,660.0	100.58
242	0.45	28	5.11	5.17	26.37	243.10	1.79	3,015.0	114.35
243	0.45	28	5.09	5.16	26.24	239.20	1.77	1,800.0	68.60
244	0.45	28	5.11	5.11	26.11	240.00	1.80	3,190.0	122.17
245	0.45	28	5.11	5.06	25.83	242.50	1.86	2,940.0	113.82
246	0.45	28	5.10	5.17	26.32	242.50	1.78	2,400.0	91.20
247	0.45	28	5.09	5.17	26.29	244.10	1.80	3,000.0	114.11
248	0.45	28	5.09	5.14	26.16	238.10	1.77	2,240.0	85.62
249	0.45	28	5.10	5.14	26.19	245.30	1.82	2,600.0	99.28
250	0.45	28	5.10	5.14	26.19	245.40	1.82	2,570.0	98.14
251	0.45	28	5.09	5.14	26.16	246.20	1.83	2,800.0	107.02
252	0.45	28	5.12	5.06	25.88	241.90	1.85	2,620.0	101.23
253	0.45	28	5.10	5.16	26.29	238.70	1.76	1,970.0	74.93
254	0.45	28	5.10	5.14	26.19	246.70	1.83	2,410.0	92.03
255	0.45	28	5.10	5.16	26.29	242.60	1.79	2,580.0	98.14
256	0.45	28	5.13	5.08	26.04	247.10	1.87	3,350.0	128.67
257	0.45	28	5.10	5.17	26.34	249.40	1.83	3,300.0	125.28
258	0.45	28	5.10	5.16	26.29	242.50	1.79	2,250.0	85.58
259	0.45	28	5.11	5.14	26.21	246.70	1.83	2,470.0	94.22
260	0.45	28	5.10	5.17	26.34	245.50	1.80	3,260.0	123.76
261	0.45	28	5.09	5.14	26.16	247.80	1.84	3,000.0	114.67
PROMEDIO A 28 DIAS=									100.01
262	0.45	60	5.10	5.21	26.52	249.10	1.80	4,019.6	151.57
263	0.45	60	5.09	5.15	26.21	245.00	1.81	4,350.1	165.95
264	0.45	60	5.10	5.18	26.42	250.00	1.83	4,019.6	152.16
265	0.45	60	5.09	5.20	26.44	248.00	1.81	5,671.8	214.49
266	0.45	60	5.09	5.14	26.14	244.40	1.82	4,845.7	185.40
267	0.45	60	5.11	5.07	25.88	244.30	1.86	4,845.7	187.22
268	0.45	60	5.10	5.15	26.21	248.00	1.84	4,350.1	165.95
269	0.45	60	5.10	5.16	26.29	249.90	1.84	4,845.7	184.31
270	0.45	60	5.11	5.07	25.88	246.80	1.88	6,002.2	231.90
271	0.45	60	5.10	5.19	26.42	246.20	1.80	5,341.3	202.19
272	0.45	60	5.10	5.19	26.44	246.10	1.79	4,845.7	183.25
273	0.45	60	5.09	5.18	26.37	245.30	1.80	5,837.0	221.38
274	0.45	60	5.10	5.20	26.49	248.90	1.81	5,341.3	201.80
275	0.45	60	5.09	5.20	26.47	249.40	1.81	4,515.3	170.59
276	0.45	60	5.09	5.21	26.52	247.50	1.79	4,350.1	164.04
277	0.45	60	5.12	5.06	25.86	238.10	1.82	4,680.5	181.02
PROMEDIO A 60 DIAS=									185.19

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"

ENSAYO DE RESISTENCIA DE CUBOS DE LECHADA
A LA COMPRESION

COMBINACION: AGUA+CEMENTO (CESSA 5000)+ADITIVO (INTRAPLAST Z)
MEZCLA "3"

MUESTRA N°	RELACION A/C	EDAD (días)	BASE (cms)	ALTURA (cms)	AREA (cm²)	PESO (grs.)	PESO VOL. (grs/cm³)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kg/cm²)
85	0.5	3	5.09	5.15	26.21	230	1.70	1,210.00	46.16
86	0.5	3	5.09	5.11	26.01	224.2	1.69	1,275.00	49.02
87	0.5	3	5.08	5.12	26.01	230.4	1.73	1,255.00	48.25
88	0.5	3	5.11	5.11	26.11	225.2	1.69	1,550.00	59.36
89	0.5	3	5.11	5.13	26.21	226.6	1.69	1,675.00	63.90
90	0.5	3	5.10	5.14	26.21	229.5	1.70	1,470.00	56.08
91	0.5	3	5.09	5.13	26.11	232.4	1.73	980.00	37.53
92	0.5	3	5.08	5.13	26.06	230.8	1.73	1,625.00	62.36
93	0.5	3	5.09	5.09	25.91	226.1	1.71	1,525.00	58.86
94	0.5	3	5.08	5.09	25.86	222.9	1.69	1,320.00	51.05
95	0.5	3	5.08	5.10	25.91	230.6	1.75	1,400.00	54.04
96	0.5	3	5.10	5.09	25.96	228.4	1.73	1,400.00	53.93
97	0.5	3	5.08	5.16	26.21	231.2	1.71	890.00	33.95
98	0.5	3	5.08	5.17	26.26	231.2	1.70	1,200.00	45.69
99	0.5	3	5.08	5.18	26.31	231.8	1.70	1,480.00	56.24
100	0.5	3	5.09	5.15	26.21	232.2	1.72	1,725.00	65.81
101	0.5	3	5.08	5.14	26.11	231.3	1.72	1,265.00	48.45
102	0.5	3	5.07	5.14	26.06	230.14	1.72	1,500.00	57.56
PROMEDIO A 3 DIAS=									52.68
79	0.5	7	5.09	5.08	25.86	236	1.80	1,000.00	38.67
80	0.5	7	5.07	5.14	26.06	241.4	1.80	1,875.00	71.95
81	0.5	7	5.08	5.14	26.11	240.2	1.79	1,280.00	49.02
103	0.5	7	5.07	5.15	26.11	234.9	1.75	1,900.00	72.77
104	0.5	7	5.08	5.16	26.21	235.2	1.74	1,700.00	64.85
105	0.5	7	5.08	5.17	26.26	235.1	1.73	2,000.00	76.15
106	0.5	7	5.08	5.15	26.16	235.3	1.75	1,750.00	66.89
107	0.5	7	5.08	5.15	26.16	235	1.74	2,200.00	84.09
108	0.5	7	5.09	5.16	26.26	236.9	1.75	2,200.00	83.76
109	0.5	7	5.07	5.14	26.06	234.5	1.75	2,100.00	80.58
110	0.5	7	5.08	5.13	26.06	234.8	1.76	1,700.00	65.23
111	0.5	7	5.08	5.12	26.01	233.5	1.75	1,890.00	72.67
112	0.5	7	5.07	5.15	26.11	231.9	1.72	196.00	7.51
113	0.5	7	5.07	5.19	26.31	232	1.70	2,030.00	77.15
114	0.5	7	5.08	5.14	26.11	233.4	1.74	2,130.00	81.57
115	0.5	7	5.07	5.16	26.16	231.7	1.72	2,090.00	79.89
116	0.5	7	5.12	5.16	26.42	231.6	1.70	1,780.00	67.38
117	0.5	7	5.07	5.15	26.11	231.3	1.72	2,030.00	77.75
118	0.5	7	5.07	5.18	26.26	231.3	1.70	2,040.00	77.68
119	0.5	7	5.07	5.15	26.11	232.2	1.73	1,800.00	68.94
120	0.5	7	5.08	5.17	26.26	233.4	1.72	1,980.00	75.39
PROMEDIO A 7 DIAS=									68.57
133	0.5	14	5.08	5.17	26.24	234.7	1.73	2,250.00	85.75
134	0.5	14	5.09	5.23	26.59	234.6	1.69	2,370.00	89.12
135	0.5	14	5.10	5.17	26.32	233.1	1.71	2,610.00	99.18
136	0.5	14	5.09	5.15	26.16	234.4	1.74	2,705.00	103.39
137	0.5	14	5.11	5.16	26.34	234.4	1.72	2,100.00	79.72
138	0.5	14	5.08	5.19	26.34	233.9	1.71	2,450.00	93.02

139	0.5	14	5.09	5.21	26.49	235.7	1.71	2,400.00	90.59
140	0.5	14	5.08	5.16	26.21	233.8	1.73	2,610.00	99.57
141	0.5	14	5.14	5.19	26.62	233.2	1.69	2,450.00	92.02
142	0.5	14	5.08	5.14	26.11	232.6	1.73	2,670.00	102.25
143	0.5	14	5.08	5.15	26.16	231.8	1.72	2,300.00	87.91
144	0.5	14	5.09	5.21	26.52	235.1	1.70	2,770.00	104.45
145	0.5	14	5.08	5.20	26.36	236.8	1.73	2,360.00	89.51
146	0.5	14	5.09	5.16	26.26	235.5	1.74	2,430.00	92.52
147	0.5	14	5.09	5.18	26.31	235.2	1.73	2,520.00	95.76
148	0.5	14	5.08	5.18	26.29	234.5	1.72	2,160.00	82.17
149	0.5	14	5.09	5.13	26.09	232.6	1.74	2,390.00	91.62
150	0.5	14	5.08	5.17	26.24	235	1.73	2,510.00	95.66
PROMEDIO A 14 DIAS=									93.01
151	0.5	28	5.08	5.16	26.19	235.8	1.75	2,200.00	84.01
152	0.5	28	5.09	5.18	26.34	237.6	1.74	2,410.00	91.49
153	0.5	28	5.10	5.16	26.26	236.1	1.74	2,320.00	88.33
154	0.5	28	5.10	5.14	26.19	236.1	1.75	2,530.00	96.61
155	0.5	28	5.11	5.20	26.57	239.3	1.73	2,760.00	103.87
156	0.5	28	5.09	5.19	26.39	256.7	1.87	2,560.00	97.00
157	0.5	28	5.08	5.15	26.11	239.2	1.78	2,550.00	97.66
158	0.5	28	5.08	5.17	26.26	238.7	1.76	2,700.00	102.80
159	0.5	28	5.08	5.20	26.39	239.3	1.75	2,650.00	100.41
160	0.5	28	5.08	5.16	26.21	238.1	1.76	2,550.00	97.28
161	0.5	28	5.09	5.16	26.21	238.6	1.77	2,980.00	113.68
162	0.5	28	5.08	5.18	26.29	238.3	1.75	2,530.00	96.24
163	0.5	28	5.09	5.18	26.34	236.5	1.73	3,060.00	116.17
164	0.5	28	5.09	5.16	26.26	238.7	1.76	3,170.00	120.70
165	0.5	28	5.09	5.19	26.37	236.7	1.73	2,810.00	106.58
166	0.5	28	5.09	5.18	26.34	239.0	1.75	3,200.00	121.49
167	0.5	28	5.08	5.15	26.16	236.5	1.76	2,530.00	96.71
168	0.5	28	5.09	5.17	26.26	236.8	1.75	2,110.00	80.34
169	0.5	28	5.09	5.24	26.62	239.0	1.72	2,500.00	93.91
170	0.5	28	5.09	5.16	26.21	256.7	1.90	2,510.00	95.75
171	0.5	28	5.08	5.04	25.60	229	1.77	2,820.00	110.14
172	0.5	28	5.08	5.28	26.82	238.9	1.69	2,355.00	87.80
173	0.5	28	5.09	5.08	25.83	232.2	1.77	2,400.00	92.91
174	0.5	28	5.09	5.15	26.19	231.5	1.72	2,250.00	85.92
175	0.5	28	5.08	5.24	26.62	239	1.71	2,260.00	84.90
176	0.5	28	5.09	5.23	26.57	231.4	1.67	2,490.00	93.72
177	0.5	28	5.20	5.20	27.01	231.9	1.65	2,000.00	74.04
178	0.5	28	5.16	5.19	26.75	242	1.74	2,600.00	97.18
179	0.5	28	5.08	5.17	26.26	231.8	1.71	2,250.00	85.67
PROMEDIO A 28 DIAS=									97.01
180	0.5	60	5.09	5.16	26.24	241.1	1.78	3,358.79	128.01
181	0.5	60	5.09	5.21	26.47	246.3	1.79	4,019.64	151.87
182	0.5	60	5.09	5.15	26.19	233.5	1.73	3,524.01	134.57
183	0.5	60	5.11	5.09	25.96	233.1	1.77	3,193.58	123.02
184	0.5	60	5.09	5.07	25.78	235.0	1.80	2,202.31	85.42
185	0.5	60	5.08	5.07	25.73	230.6	1.77	4,184.86	162.64
198	0.5	60	5.09	5.16	26.24	235.7	1.74	2,697.94	102.82
199	0.5	60	5.10	5.15	26.24	234.9	1.74	4,184.86	159.49
200	0.5	60	5.09	5.16	26.24	231.7	1.71	3,193.58	121.71
201	0.5	60	5.08	5.18	26.31	230.8	1.69	2,367.52	89.97
202	0.5	60	5.10	5.16	26.29	231.9	1.71	3,358.79	127.76
203	0.5	60	5.09	5.20	26.44	236.9	1.72	4,680.49	177.01
204	0.5	60	5.10	5.17	26.32	236.5	1.74	3,524.01	133.91
205	0.5	60	5.12	5.17	26.44	234.7	1.72	3,358.79	127.01
206	0.5	60	5.09	5.17	26.29	236.4	1.74	3,524.01	134.05
207	0.5	60	5.09	5.16	26.21	234.9	1.74	4,184.86	159.65
PROMEDIO A 60 DIAS=									132.43

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"

ENSAYO DE RESISTENCIA DE CUBOS DE LECHADA
 A LA COMPRESION

COMBINACION: AGUA+CEMENTO (CESSA 5000)+ADITIVO (FLOWCABLE)
 MEZCLA "4"

MUESTRA N°	RELACION A/C	EDAD (días)	BASE (cms)	ALTURA (cms)	AREA (cm²)	PESO (grs.)	PESO VOL. (grs/cm³)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kg/cm²)	FLUIDEZ seg.	TEMP. °C
487	0.45	3	5.10	4.80	25.96	241.0	1.93	4,900.00	188.76	6.07	28.5
488	0.45	3	4.91	4.74	24.08	219.0	1.92	3,600.00	149.51		
489	0.45	3	4.97	4.70	24.70	221.2	1.91	3,700.00	149.80		
490	0.45	3	4.95	4.65	24.50	218.3	1.92	3,900.00	159.17		
491	0.45	3	5.00	4.72	25.00	223.3	1.89	3,900.00	156.00		
492	0.45	3	5.11	4.76	26.06	241.0	1.94	4,600.00	176.51		
493	0.45	3	5.11	4.81	26.06	243.1	1.94	4,800.00	184.19		
494	0.45	3	5.03	4.85	25.30	235.3	1.92	3,850.00	152.17		
495	0.45	3	5.05	5.80	25.50	235.8	1.59	4,800.00	188.26		
496	0.45	3	5.09	5.17	25.86	255.1	1.91	4,200.00	162.43		
497	0.45	3	5.08	4.99	25.81	247.7	1.93	4,350.00	168.56		
498	0.45	3	4.95	4.49	24.50	213.3	1.94	4,450.00	181.61		
499	0.45	3	5.02	4.94	25.14	237.2	1.91	4,400.00	174.99		
500	0.45	3	4.94	4.86	24.35	226.3	1.91	4,800.00	197.09		
501	0.45	3	5.00	4.73	25.00	230.4	1.95	5,300.00	212.00		
502	0.45	3	5.11	4.88	26.06	249.4	1.96	5,550.00	212.96		
503	0.45	3	5.09	5.04	25.86	254.8	1.96	4,500.00	174.03		
504	0.45	3	4.92	4.65	24.17	217.2	1.93	4,100.00	169.60		
PROMEDIO A 3 DIAS=										175.43	
544	0.45	7	5.09	4.99	25.91	249.1	1.93	5,800.00	223.87		
545	0.45	7	5.09	5.10	25.91	255.5	1.93	8,150.00	314.58		
546	0.45	7	5.10	5.05	25.96	251.3	1.92	7,000.00	269.66		
547	0.45	7	5.09	5.06	25.86	258.2	1.97	8,250.00	319.06		
548	0.45	7	4.94	4.73	24.37	224.2	1.95	5,600.00	229.81		
549	0.45	7	5.09	5.07	25.91	252.1	1.92	6,100.00	235.45		
550	0.45	7	4.97	4.49	24.70	214.9	1.94	6,500.00	263.15		
551	0.45	7	5.02	4.80	25.15	231.3	1.92	7,150.00	284.29		
552	0.45	7	5.05	4.68	25.50	230.8	1.93	7,300.00	286.26		
553	0.45	7	5.12	4.65	26.16	233.3	1.92	7,300.00	279.02		
554	0.45	7	5.04	4.60	25.35	228.3	1.96	7,350.00	289.99		
555	0.45	7	5.11	4.61	26.06	232.0	1.93	6,200.00	237.91		
556	0.45	7	5.11	4.65	26.11	233.0	1.92	6,400.00	245.10		
557	0.45	7	4.99	4.57	24.85	220.0	1.94	5,300.00	213.29		
558	0.45	7	5.11	5.15	26.11	256.0	1.90	6,400.00	245.10		
559	0.45	7	5.09	4.83	25.86	246.4	1.97	5,908.00	228.49		
479	0.45	7	5.09	5.03	25.86	253.6	1.95	6,450.00	249.45		
480	0.45	7	5.11	4.93	26.06	247.2	1.93	7,100.00	272.44		
PROMEDIO A 7 DIAS=										260.38	
463	0.45	14	4.94	4.66	24.35	215.3	1.90	5,077.00	208.47		
464	0.45	14	4.95	4.75	24.45	220.6	1.90	8,480.38	346.81		
465	0.45	14	4.97	4.75	24.61	220.0	1.88	5,605.68	227.75		
466	0.45	14	5.02	4.85	25.15	229.4	1.88	8,976.02	356.96		
467	0.45	14	5.09	5.07	25.86	249.2	1.90	7,753.45	299.86		
468	0.45	14	4.98	4.73	24.80	221.2	1.89	7,323.89	295.31		
469	0.45	14	5.07	5.08	25.70	251.6	1.93	6,167.41	239.93		
470	0.45	14	5.08	5.06	25.81	251.6	1.93	6,167.41	238.99		
471	0.45	14	5.05	4.83	25.50	232.1	1.88	7,984.74	313.18		
472	0.45	14	5.08	5.06	25.81	249.2	1.91	7,323.89	283.80		
473	0.45	14	5.08	5.02	25.81	248.9	1.92	8,315.17	322.21		

474	0.45	14	5.08	5.06	25.76	247.2	1.90	6,663.04	258.70
475	0.45	14	5.16	5.06	26.63	249.9	1.86	6,167.41	231.63
476	0.45	14	5.08	4.91	25.80	238.7	1.89	5,836.98	226.24
477	0.45	14	5.08	4.85	25.77	242.4	1.94	7,489.11	290.61
478	0.45	14	4.95	4.87	24.45	225.9	1.90	5,010.92	204.93
PROMEDIO A 14 DIAS=									271.59
482	0.45	28	5.03	4.71	25.25	229.7	1.93	5,671.77	224.66
483	0.45	28	5.06	4.94	25.54	237.8	1.88	4,680.49	183.23
484	0.45	28	4.95	4.76	24.45	223.3	1.92	6,167.41	252.22
485	0.45	28	5.09	5.06	25.91	254.4	1.94	7,819.53	301.82
505	0.45	28	5.11	5.10	26.06	250.5	1.89	7,158.68	274.70
506	0.45	28	5.10	5.08	25.96	253.7	1.92	7,984.74	307.59
507	0.45	28	5.16	4.84	26.52	241.9	1.89	8,149.96	307.33
508	0.45	28	5.03	4.86	25.25	237.3	1.94	7,489.11	296.63
509	0.45	28	5.19	5.10	26.94	260.9	1.90	8,810.81	327.10
510	0.45	28	5.10	4.96	25.96	253.5	1.97	7,489.11	288.50
511	0.45	28	5.19	5.04	26.94	249.7	1.84	6,167.41	228.96
512	0.45	28	5.10	5.02	25.96	251.7	1.93	8,315.17	320.32
513	0.45	28	5.11	5.00	26.06	250.3	1.92	6,993.47	268.35
514	0.45	28	5.11	5.09	26.06	254.0	1.91	7,654.32	293.71
515	0.45	28	5.11	5.10	26.11	255.7	1.92	8,645.59	331.10
516	0.45	28	5.11	4.89	26.06	247.5	1.94	8,315.17	319.07
517	0.45	28	5.10	5.08	25.96	254.7	1.93	7,654.32	294.86
518	0.45	28	5.00	4.84	24.93	225.5	1.87	8,645.59	346.85
519	0.45	28	5.10	5.03	26.01	253.1	1.94	7,654.32	294.28
520	0.45	28	5.11	5.00	26.11	254.2	1.95	6,500.00	248.93
521	0.45	28	5.10	5.00	26.01	250.7	1.93	7,654.32	294.28
522	0.45	28	5.13	4.80	26.26	238.6	1.89	6,300.00	239.88
523	0.45	28	5.12	5.02	26.16	252.0	1.92	6,450.00	246.54
524	0.45	28	5.05	4.76	25.45	227.7	1.88	5,800.00	227.88
525	0.45	28	5.10	4.97	26.01	250.9	1.94	9,400.00	361.40
526	0.45	28	4.95	4.98	24.50	232.6	1.91	4,700.00	191.82
527	0.45	28	5.02	4.79	25.15	234.1	1.94	7,984.74	317.54
PROMEDIO A 28 DIAS=									281.09
529	0.45	60	4.94	4.87	24.35	227.5	1.92	8,810.81	361.78
530	0.45	60	4.60	4.85	21.05	243.8	2.39	6,828.26	324.37
531	0.45	60	4.97	4.51	24.70	215.0	1.93	8,315.17	336.64
532	0.45	60	5.07	4.88	25.65	241.5	1.93	8,645.59	337.08
533	0.45	60	5.10	4.84	25.96	244.8	1.95	9,141.23	352.14
534	0.45	60	5.00	5.02	24.87	251.4	2.02	8,315.17	334.36
535	0.45	60	5.10	4.89	25.96	247.0	1.95	9,141.23	352.14
536	0.45	60	5.10	4.94	26.01	249.2	1.94	8,976.02	345.10
537	0.45	60	5.12	4.95	26.21	251.5	1.94	8,976.02	342.41
538	0.45	60	4.95	4.74	24.50	226.8	1.95	8,381.25	342.06
539	0.45	60	5.07	5.15	25.70	259.5	1.96	9,967.29	387.76
540	0.45	60	5.11	4.97	26.06	249.5	1.93	9,471.66	363.45
541	0.45	60	5.11	4.92	26.11	247.1	1.93	9,967.29	381.72
542	0.45	60	5.10	4.96	26.01	252.7	1.96	10,132.51	389.56
543	0.45	60	5.10	4.97	25.96	253.2	1.96	8,315.17	320.32
544	0.45	60	5.09	5.10	25.91	252.1	1.91	8,381.25	323.50
PROMEDIO A 60 DIAS=									349.65

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"

ENSAYO DE RESISTENCIA DE CUBOS DE LECHADA
A LA COMPRESION

COMBINACION: AGUA+CEMENTO (CESSA 5000)+ADITIVO (FLOWCABLE)
MEZCLA "5"

MUESTRA N°	RELACION A/C	EDAD (días)	BASE (cms)	ALTURA (cms)	AREA (cm ²)	PESO (grs.)	PESO VOL. (grs/cm ³)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	FLUIDEZ segundos	TEMP. °C
370	0.5	3	5.08	5.01	25.81	244.2	1.89	4,250.00	164.69	5.72	33
371	0.5	3	5.09	5.00	25.91	238.1	1.84	3,700.00	142.81		
372	0.5	3	4.92	4.72	24.16	214.4	1.88	4,200.00	173.86		
373	0.5	3	5.08	4.98	25.81	238.2	1.86	3,300.00	127.88		
374	0.5	3	5.04	4.97	25.40	242.1	1.92	5,400.00	212.63		
375	0.5	3	4.91	4.63	24.08	211.3	1.90	3,500.00	145.35		
376	0.5	3	4.97	4.49	24.70	207.5	1.87	3,100.00	125.51		
377	0.5	3	5.08	5.00	25.81	239.6	1.86	3,400.00	131.75		
378	0.5	3	5.11	4.99	26.05	241.2	1.86	4,200.00	161.20		
379	0.5	3	4.94	4.61	24.40	212.3	1.89	3,600.00	147.52		
380	0.5	3	5.09	4.90	25.91	238.6	1.88	5,000.00	193.00		
381	0.5	3	5.09	5.00	25.91	243.3	1.88	4,200.00	162.12		
382	0.5	3	5.09	4.98	25.86	244.6	1.90	4,600.00	177.90		
383	0.5	3	5.10	4.98	25.96	241.7	1.87	4,250.00	163.73		
384	0.5	3	5.09	5.00	25.86	222.7	1.72	3,600.00	139.23		
385	0.5	3	5.02	4.71	25.20	214.1	1.81	3,300.00	130.96		
386	0.5	3	4.99	4.60	24.85	231.2	2.02	4,100.00	164.99		
387	0.5	3	5.11	4.85	26.06	239.6	1.90	4,300.00	165.01		
PROMEDIO A 3 DIAS									157.23		
1CF	0.5	7	5.09	4.75	25.91	234.5	1.91	6,000.00	231.59		
2CF	0.5	7	5.09	4.74	25.91	231.1	1.88	5,600.00	216.15		
3CF	0.5	7	5.09	4.72	25.86	229.0	1.88	5,500.00	212.71		
388	0.5	7	5.10	4.90	25.96	238.1	1.87	3,000.00	115.57		
389	0.5	7	5.09	4.95	25.91	238.3	1.86	4,200.00	162.11		
390	0.5	7	5.09	4.89	25.86	241.1	1.91	4,150.00	160.50		
391	0.5	7	5.09	4.67	25.91	230.6	1.91	5,700.00	220.01		
392	0.5	7	5.10	4.96	26.01	242.7	1.88	5,400.00	207.61		
393	0.5	7	5.10	4.90	25.93	235.7	1.86	4,100.00	158.13		
394	0.5	7	4.96	4.61	24.55	214.7	1.90	3,800.00	154.77		
395	0.5	7	5.09	4.91	25.91	240.0	1.89	4,800.00	185.27		
396	0.5	7	5.11	4.86	26.11	240.1	1.89	4,900.00	187.65		
397	0.5	7	5.11	4.93	26.06	242.4	1.89	5,000.00	191.86		
398	0.5	7	4.53	4.63	20.29	223.3	2.38	4,000.00	197.18		
399	0.5	7	5.10	4.99	25.96	239.1	1.85	5,000.00	192.62		
400	0.5	7	5.12	4.98	26.16	243.4	1.87	5,200.00	198.75		
401	0.5	7	5.09	4.91	25.91	240.5	1.89	4,600.00	177.55		
402	0.5	7	5.09	4.86	25.91	236.4	1.88	4,500.00	173.69		
PROMEDIO A 7 DIAS									185.76		
403	0.5	14	5.11	4.98	26.11	244.6	1.88	5,100.00	195.31		
404	0.5	14	5.09	4.82	25.91	240.0	1.92	7,300.00	281.77		
405	0.5	14	5.09	4.87	25.91	242.9	1.93	7,000.00	270.20		
406	0.5	14	5.10	4.97	25.96	245.5	1.90	6,000.00	231.13		
407	0.5	14	5.01	5.04	25.05	247.5	1.96	9,000.00	359.29		
408	0.5	14	5.10	4.59	25.98	228.2	1.92	6,800.00	261.70		
409	0.5	14	5.10	4.96	25.95	246.1	1.91	7,200.00	277.41		
410	0.5	14	5.11	4.89	26.06	245.6	1.93	5,600.00	214.88		
411	0.5	14	5.10	4.90	26.01	241.0	1.89	6,300.00	242.22		
412	0.5	14	5.12	4.71	26.16	235.4	1.91	6,450.00	246.53		

413	0.5	14	5.00	4.52	24.95	216.5	1.92	6,500.00	260.52
414	0.5	14	4.95	4.61	24.45	212.9	1.89	6,800.00	278.09
415	0.5	14	5.43	4.68	29.38	209.0	1.52	7,800.00	265.46
416	0.5	14	5.08	4.82	25.81	243.5	1.96	6,000.00	232.51
417	0.5	14	5.10	4.96	26.01	242.8	1.88	5,100.00	196.08
418	0.5	14	4.95	4.51	24.42	206.9	1.88	2,600.00	106.49
419	0.5	14	5.02	4.79	25.15	225.5	1.87	4,050.00	161.06
420	0.5	14	5.20	4.94	26.99	243.4	1.83	4,400.00	163.04
PROMEDIO A 14 DIA:									235.76
4CF	0.5	28	5.10	4.69	25.96	250.0	2.05	4,400.00	169.50
5CF	0.5	28	5.10	4.73	25.96	232.8	1.90	6,700.00	258.11
6CF	0.5	28	5.09	4.77	25.91	234.0	1.89	6,000.00	231.59
421	0.5	28	5.09	4.97	25.86	245.9	1.91	5,671.77	219.35
422	0.5	28	5.09	5.03	25.91	251.0	1.93	8,149.96	314.57
423	0.5	28	5.09	4.82	25.85	240.4	1.93	6,663.04	257.72
424	0.5	28	5.10	4.80	25.96	237.3	1.91	6,332.62	243.95
425	0.5	28	5.09	4.93	25.91	249.6	1.96	7,819.53	301.82
426	0.5	28	5.10	4.76	26.01	237.1	1.92	8,480.38	326.06
427	0.5	28	5.09	4.98	25.86	243.2	1.89	6,167.41	238.52
428	0.5	28	5.02	4.69	25.14	224.0	1.90	7,489.11	297.84
429	0.5	28	4.95	4.39	24.45	205.7	1.92	7,489.11	306.27
430	0.5	28	4.96	4.59	24.60	218.0	1.93	6,167.41	250.70
431	0.5	28	5.09	4.89	25.91	243.4	1.92	8,149.96	314.59
432	0.5	28	4.93	4.72	24.30	215.0	1.88	7,654.32	314.93
433	0.5	28	5.00	4.59	24.95	212.1	1.85	7,323.89	293.54
434	0.5	28	5.11	4.74	26.11	235.9	1.91	8,810.81	337.43
435	0.5	28	5.14	4.78	26.36	237.0	1.88	6,993.47	265.27
436	0.5	28	5.10	4.85	25.95	241.1	1.92	6,167.41	237.63
437	0.5	28	5.10	4.89	26.01	245.4	1.93	5,506.56	211.72
438	0.5	28	5.10	4.84	25.96	242.1	1.93	6,828.26	263.05
439	0.5	28	5.08	4.74	25.78	232.2	1.90	5,704.81	221.31
440	0.5	28	5.10	5.01	25.96	249.5	1.92	7,819.53	301.24
441	0.5	28	5.04	4.61	25.39	225.7	1.93	6,497.83	255.89
442	0.5	28	4.93	4.61	24.23	210.8	1.89	6,497.83	268.23
443	0.5	28	4.94	4.80	24.40	219.0	1.87	5,671.77	232.42
444	0.5	28	5.05	4.70	25.44	224.1	1.87	6,497.83	255.39
445	0.5	28	5.00	4.69	24.95	221.6	1.90	8,149.96	326.65
446	0.5	28	4.97	4.62	24.65	212.6	1.87	8,149.96	330.62
447	0.5	28	5.09	4.87	25.90	239.5	1.90	7,290.85	281.45
PROMEDIO A 28 DIA:									270.91
448	0.5	60	5.10	4.77	25.98	238.2	1.92	6,993.47	269.21
449	0.5	60	5.08	4.73	25.79	229.5	1.88	8,645.59	335.17
450	0.5	60	5.09	5.04	25.86	247.5	1.90	9,636.87	372.70
451	0.5	60	5.19	4.87	26.94	239.2	1.82	7,819.53	290.30
452	0.5	60	5.05	4.67	25.50	225.0	1.89	7,654.32	300.16
453	0.5	60	4.94	4.67	24.40	215.9	1.89	7,158.68	293.35
454	0.5	60	5.10	4.89	25.96	242.6	1.91	7,158.68	275.78
455	0.5	60	5.13	4.92	26.31	241.8	1.87	6,828.26	259.50
456	0.5	60	5.11	4.97	26.06	245.5	1.90	8,810.81	338.16
457	0.5	60	5.09	4.98	25.91	244.2	1.89	8,149.96	314.59
458	0.5	60	5.10	5.00	25.96	245.4	1.89	8,315.17	320.32
459	0.5	60	5.13	4.75	26.27	242.7	1.95	10,132.51	385.77
460	0.5	60	5.11	4.95	26.06	246.3	1.91	9,471.66	363.45
461	0.5	60	5.09	4.95	25.91	244.9	1.91	8,810.81	340.09
462	0.5	60	5.10	4.84	26.01	238.9	1.90	8,149.96	313.34
PROMEDIO A 60 DIA:									318.13

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"

ENSAYO DE RESISTENCIA DE CUBOS DE LECHADA
A LA COMPRESION

COMBINACION: AGUA+CEMENTO (CESSA 5000)+ADITIVO (FLOWCABLE)

MEZCLA "6"

MUESTRA N°	RELACION A/C	EDAD (dias)	BASE (cms)	ALTURA (cms)	AREA (cm²)	PESO (grs.)	PESO VOL. (grs/cm³)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kg/cm²)	FLUIDEZ segundos	TEMP. °C
841	0.55	3	5.09	4.62	23.44	221.2	2.04	4,515.28	192.60	5.19	28.5
842	0.55	3	5.04	4.62	22.80	215.4	2.05	3,854.43	169.07		
843	0.55	3	5.10	4.82	24.58	236.9	2.00	4,019.64	163.52		
844	0.55	3	5.11	4.67	23.93	221.0	1.98	3,193.58	133.45		
845	0.55	3	5.11	4.88	24.91	238.6	1.96	4,184.86	167.99		
846	0.55	3	4.53	4.28	21.31	195.0	2.14	3,689.22	173.09		
847	0.55	3	5.08	4.62	22.61	220.0	2.11	4,184.86	185.06		
848	0.55	3	4.93	4.56	22.37	203.1	1.99	3,193.58	142.70		
849	0.55	3	5.10	4.64	23.59	226.7	2.07	4,019.64	170.38		
850	0.55	3	5.11	4.55	23.21	222.5	2.11	3,689.22	158.98		
851	0.55	3	5.05	4.73	23.39	212.6	1.92	3,193.58	136.54		
852	0.55	3	4.95	4.35	21.46	197.4	2.12	3,524.01	164.18		
853	0.55	3	5.09	4.83	24.54	229.4	1.94	3,854.43	157.09		
854	0.55	3	4.98	4.38	21.74	296.7	3.12	2,532.73	116.48		
855	0.55	3	5.13	4.57	23.51	221.7	2.07	3,028.37	128.81		
856	0.55	3	5.09	4.87	24.76	230.4	1.91	3,524.01	142.31		
PROMEDIO A 3 DIAS:									156.40		
791	0.55	7	5.09	4.63	23.61	220.1	2.01	4,184.86	177.23		
792	0.55	7	4.97	4.39	21.69	200.0	2.10	5,010.92	231.06		
793	0.55	7	5.10	4.68	23.77	227.1	2.04	4,184.86	176.02		
794	0.55	7	5.10	4.76	24.16	226.8	1.97	3,689.22	152.73		
795	0.55	7	5.10	4.76	24.20	225.5	1.96	4,350.07	179.73		
796	0.55	7	5.09	4.64	23.57	220.3	2.01	3,193.58	135.49		
797	0.55	7	5.11	4.70	23.92	221.0	1.97	3,524.01	147.31		
798	0.55	7	5.10	4.69	23.85	225.6	2.02	4,350.07	182.42		
799	0.55	7	4.94	4.42	21.83	198.9	2.06	4,350.07	199.23		
800	0.55	7	5.10	4.65	23.64	221.5	2.02	3,854.43	163.03		
801	0.55	7	5.10	4.69	23.80	227.6	2.04	4,680.49	196.66		
802	0.55	7	24.35	4.65	22.90	228.6	2.15	3,689.22	161.10		
803	0.55	7	5.01	4.44	22.13	200.1	2.04	3,689.22	166.70		
804	0.55	7	5.10	4.91	25.06	231.1	1.88	5,010.92	199.92		
805	0.55	7	5.08	4.49	22.78	206.4	2.02	5,176.13	227.18		
806	0.55	7	4.91	4.50	22.83	204.4	1.99	5,506.56	241.15		
807	0.55	7	4.96	4.33	21.48	198.9	2.14	4,019.64	187.16		
808	0.55	7	5.12	4.87	24.91	241.9	2.00	5,506.56	221.07		
PROMEDIO A 7 DIAS:									185.84		
809	0.55	14	5.15	5.05	26.01	246.7	1.88	3,689.22	141.85		
810	0.55	14	4.94	4.38	22.47	200.7	2.04	5,010.92	223.01		
811	0.55	14	5.15	4.61	23.79	221.5	2.02	5,176.13	217.60		
812	0.55	14	5.22	4.76	25.15	230.7	1.93	5,176.13	205.78		
813	0.55	14	5.12	4.74	25.24	224.2	1.88	2,863.16	113.45		
814	0.55	14	5.15	4.78	24.59	233.7	1.99	5,341.34	217.21		
815	0.55	14	5.14	4.77	24.35	226.2	1.95	3,854.43	158.30		
816	0.55	14	5.14	4.89	25.13	228.3	1.86	3,854.43	153.35		
817	0.55	14	5.14	4.84	24.83	237.1	1.97	5,010.92	201.82		
818	0.55	14	5.21	4.33	22.17	205.4	2.14	4,019.64	181.31		
819	0.55	14	5.16	4.46	22.88	213.0	2.09	4,515.28	197.35		
820	0.55	14	5.15	4.84	24.85	231.3	1.92	4,845.71	194.98		
821	0.55	14	5.12	4.53	22.74	210.9	2.05	3,854.43	169.50		

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATEIALES
 "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"

ENSAYO DE RESISTENCIA DE CUBOS DE LECHADA
 A LA COMPRESION

COMBINACION: AGUA+CEMENTO (CESSA 5000)+HRWR+ALUMINIO EN POLVO+MICROSILICA
 MEZCLA "7"

MUESTRA N°	RELACION A/MC	EDAD (días)	BASE (cms)	ALTURA (cms)	AREA (cm²)	PESO (grs.)	PESO VOL. (grs/cm³)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kg/cm²)	FLUIDEZ segundos	TEMP. °C
594	0.45	3	5.14	5.44	26.37	185.8	1.30	1,000.00	37.93	13.09	28.5
595	0.45	3	5.12	5.14	26.21	190.0	1.41	1,100.00	41.96		
596	0.45	3	5.10	5.44	25.96	186.9	1.32	900.00	34.67		
597	0.45	3	5.02	5.05	25.15	157.2	1.24	700.00	27.84		
598	0.45	3	4.93	4.94	24.21	145.2	1.21	715.00	29.53		
599	0.45	3	5.13	5.25	26.31	162.7	1.18	1,030.00	39.14		
600	0.45	3	5.14	5.20	26.42	158.3	1.15	835.00	31.61		
601	0.45	3	5.06	5.05	25.55	157.2	1.22	830.00	32.49		
602	0.45	3	5.08	5.41	25.76	220.4	1.58	2,150.00	83.48		
603	0.45	3	5.08	5.43	25.81	217.5	1.55	1,700.00	65.88		
604	0.45	3	5.08	5.31	25.81	218.4	1.59	1,800.00	69.75		
605	0.45	3	4.93	5.00	24.26	162.5	1.34	1,000.00	41.23		
606	0.45	3	5.10	5.18	26.01	177.7	1.32	1,100.00	42.29		
607	0.45	3	5.00	5.04	24.95	187.5	1.49	1,400.00	56.12		
608	0.45	3	5.08	5.13	25.73	168.8	1.28	1,250.00	48.59		
609	0.45	3	4.93	5.14	24.26	168.8	1.36	1,000.00	41.23		
610	0.45	3	5.08	5.27	25.81	219.5	1.62	1,650.00	63.94		
611	0.45	3	5.10	5.13	25.96	283.4	2.13	1,250.00	48.15		
PROMEDIO A 3 DIAS =										46.43	
612	0.45	7	5.09	5.38	25.86	194.6	1.40	1,772.75	68.56		
613	0.45	7	5.09	5.36	25.86	196.4	1.42	2,387.34	92.33		
614	0.45	7	5.14	5.42	26.42	217.5	1.52	3,153.93	119.39		
615	0.45	7	5.08	5.44	25.76	218.8	1.56	2,797.07	108.60		
616	0.45	7	4.89	5.06	23.88	164.1	1.36	1,349.81	56.53		
617	0.45	7	5.11	5.15	26.06	184.4	1.37	1,924.75	73.86		
618	0.45	7	5.08	5.37	25.81	217.6	1.57	2,598.82	100.70		
619	0.45	7	5.01	5.19	25.05	183.8	1.41	1,396.07	55.74		
620	0.45	7	5.07	5.34	25.65	222.7	1.63	2,730.99	106.45		
621	0.45	7	4.93	4.92	24.26	167.8	1.41	2,255.17	92.98		
622	0.45	7	5.09	5.37	25.86	195.1	1.41	2,426.99	93.86		
623	0.45	7	5.05	5.09	25.44	174.6	1.35	1,990.83	76.25		
624	0.45	7	5.00	5.03	24.95	170.7	1.36	1,739.71	69.73		
625	0.45	7	5.12	5.16	26.21	195.8	1.45	1,376.24	52.50		
626	0.45	7	4.96	4.94	24.55	157.2	1.30	2,202.31	89.70		
627	0.45	7	5.13	5.15	26.32	196.4	1.45	1,541.46	58.57		
628	0.45	7	5.15	5.27	26.47	178.8	1.28	1,541.46	58.24		
629	0.45	7	5.10	5.23	26.01	230.0	1.69	4,845.71	186.30		
PROMEDIO A 7 DIAS =										86.79	
630	0.45	14	5.10	5.39	26.01	224.7	1.60	2,625.25	100.93		
631	0.45	14	5.08	5.36	25.81	230.7	1.67	4,019.64	155.76		
632	0.45	14	5.06	5.33	25.60	227.4	1.67	3,193.58	124.73		
633	0.45	14	5.09	5.28	25.91	230.3	1.69	3,755.30	144.95		
634	0.45	14	5.05	5.22	25.50	210.4	1.58	3,358.79	131.70		
635	0.45	14	5.02	5.03	25.15	297.3	2.35	2,863.16	89.47		
636	0.45	14	5.13	5.32	26.31	234.7	1.68	2,863.16	85.50		
637	0.45	14	5.13	5.25	26.31	233.6	1.69	2,532.73	76.01		
638	0.45	14	4.95	4.94	24.50	284.6	2.35	3,524.01	143.82		
639	0.45	14	5.04	5.15	25.39	202.3	1.55	3,524.01	138.78		
640	0.45	14	5.15	5.25	26.52	228.2	1.64	3,028.37	89.55		

641	0.45	14	4.92	4.94	24.18	282.8	2.37	3,689.22	152.55
642	0.45	14	5.12	5.31	26.21	210.7	1.51	3,193.58	95.39
643	0.45	14	5.12	5.24	26.21	210.4	1.53	2,697.94	81.06
PROMEDIO A 14 DIAS =									
644	0.45	28	5.19	5.28	26.94	235.2	1.65	4,350.07	161.50
645	0.45	28	5.11	5.16	26.10	206.2	1.53	3,028.37	91.00
646	0.45	28	5.10	5.14	26.01	227.5	1.70	4,515.28	173.60
647	0.45	28	5.18	5.27	26.83	212.1	1.50	3,854.43	143.65
648	0.45	28	5.14	5.33	26.42	214.1	1.52	3,854.43	145.91
649	0.45	28	5.06	4.95	25.55	192.8	1.53	3,854.43	150.85
650	0.45	28	5.19	5.20	26.87	227.7	1.63	4,350.07	161.87
651	0.45	28	5.09	5.26	25.91	230.4	1.69	4,019.64	155.15
652	0.45	28	5.05	5.45	25.50	211.3	1.52	2,532.73	78.42
653	0.45	28	4.91	5.15	24.11	193.7	1.56	2,830.11	92.29
654	0.45	28	5.15	5.31	26.47	179.7	1.28	2,367.52	89.44
655	0.45	28	5.09	5.33	25.86	230.0	1.67	4,515.28	174.62
656	0.45	28	5.11	5.25	26.11	229.7	1.68	4,845.71	185.58
657	0.45	28	4.99	5.05	24.85	194.2	1.55	3,358.79	135.17
658	0.45	28	5.07	5.29	25.65	229.7	1.69	4,184.86	163.13
659	0.45	28	5.13	5.41	26.27	198.3	1.40	1,706.67	64.98
660	0.45	28	5.15	5.28	26.52	180.2	1.29	1,706.67	64.35
661	0.45	28	5.15	5.43	26.52	201.4	1.40	1,871.88	70.58
662	0.45	28	5.04	5.37	25.40	217.6	1.60	3,524.01	138.73
663	0.45	28	4.98	5.01	24.80	200.0	1.61	4,350.07	175.41
664	0.45	28	5.03	5.10	25.29	198.5	1.54	3,689.22	145.88
665	0.45	28	5.10	5.43	25.96	236.6	1.68	4,019.64	154.85
666	0.45	28	5.11	5.34	26.11	219.2	1.57	3,524.01	134.98
667	0.45	28	5.11	5.19	26.10	208.6	1.54	3,358.79	128.70
668	0.45	28	4.96	5.18	24.60	165.0	1.29	1,541.46	62.66
669	0.45	28	5.15	5.25	26.52	178.4	1.28	2,532.73	95.50
670	0.45	28	5.13	5.17	26.30	176.1	1.30	2,532.73	96.31
671	0.45	28	5.06	5.27	25.60	217.2	1.61	3,193.58	97.64
672	0.45	28	5.05	5.38	25.50	222.0	1.62	2,863.16	88.23
673	0.45	28	5.05	5.34	25.45	216.8	1.60	3,689.22	144.95
PROMEDIO A 28 DIAS =									
578	0.45	60	5.07	5.11	25.65	165.5	1.26	1,045.82	40.77
579	0.45	60	5.10	5.34	26.01	178.0	1.28	2,037.09	78.32
580	0.45	60	5.09	5.40	25.91	204.8	1.46	2,202.31	85.00
581	0.45	60	5.12	5.27	26.21	234.4	1.70	4,350.07	165.96
582	0.45	60	4.92	4.97	24.16	185.8	1.55	4,515.28	186.91
583	0.45	60	5.19	5.35	26.94	236.3	1.64	5,010.92	186.03
584	0.45	60	5.08	5.28	25.81	236.0	1.73	5,010.92	194.17
585	0.45	80	4.93	5.21	24.30	198.3	1.55	4,880.49	192.58
586	0.45	60	5.01	5.06	25.10	200.0	1.58	4,515.28	179.82
587	0.45	60	5.06	5.42	25.60	220.0	1.59	3,524.01	137.64
588	0.45	60	5.07	5.45	25.70	222.0	1.58	4,350.07	168.23
589	0.45	60	5.07	5.23	25.10	204.4	1.58	4,019.64	160.17
590	0.45	60	5.07	5.28	25.65	213.8	1.58	4,680.49	182.45
591	0.45	60	5.06	5.26	25.60	214.9	1.60	4,515.28	178.35
592	0.45	28	4.96	4.98	24.55	156.8	1.28	1,706.67	69.51
593	0.45	28	5.19	5.42	26.94	207.1	1.42	2,037.09	75.63
PROMEDIO A 60 DIAS =									142.54

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"

ENSAYO DE RESISTENCIA DE CUBOS DE LECHADA
A LA COMPRESION

COMBINACION: AGUA+CEMENTO (CESSA 5000)+HRWR+MICROSILICA+ALUMINIO EN POLVO+ARENA
MEZCLA "B"

MUESTRA N°	RELACION A/MC	EDAD (dias)	BASE (cms)	ALTURA (cms)	AREA (cm²)	PESO (grs.)	PESO VOL. (grs/cm³)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kg/cm²)	FLUIDEZ segundos	TEMP. °C
675	0.45	3	4.92	4.91	24.21	224.1	1.89	2,753.53	113.75	14	28
676	0.45	3	5.11	5.08	26.06	251.0	1.90	2,945.10	113.01		
677	0.45	3	5.09	5.13	25.91	251.4	1.89	2,849.31	109.98		
678	0.45	3	4.93	4.93	24.26	228.2	1.91	2,849.31	117.47		
679	0.45	3	4.88	4.90	23.78	223.8	1.92	2,753.53	115.78		
680	0.45	3	5.11	5.12	26.11	251.9	1.88	3,328.24	127.46		
681	0.45	3	5.08	5.42	25.81	248.0	1.77	2,320.00	89.90		
682	0.45	3	5.05	5.26	25.45	231.2	1.73	2,542.80	89.81		
683	0.45	3	4.91	4.90	24.08	298.4	2.53	2,638.58	109.60		
684	0.45	3	5.10	5.06	25.98	215.2	1.64	2,360.00	90.82		
685	0.45	3	5.09	5.41	25.86	244.9	1.75	2,906.78	112.42		
686	0.45	3	4.93	4.87	24.26	295.9	2.50	1,820.00	75.03		
687	0.45	3	5.06	5.07	25.60	218.3	1.68	3,031.30	118.43		
688	0.45	3	5.10	5.22	26.01	240.8	1.78	3,289.93	126.49		
689	0.45	3	5.11	5.33	26.06	242.9	1.75	2,705.63	103.82		
690	0.45	3	5.07	5.26	25.70	235.8	1.75	2,906.78	113.08		
691	0.45	3	4.99	4.92	24.90	200.2	1.64	2,060.00	82.73		
692	0.45	3	5.06	5.32	25.55	231.8	1.71	2,815.79	110.19		
PROMEDIO A 3 DIAS =									107.22		
709	0.45	7	5.08	5.33	25.81	232.3	1.69	3,783.22	146.60		
710	0.45	7	4.94	4.96	24.35	205.3	1.70	3,184.56	130.76		
711	0.45	7	5.10	5.24	26.01	246.1	1.81	4,621.34	177.69		
712	0.45	7	5.09	5.24	25.91	244.1	1.80	4,501.61	173.76		
713	0.45	7	5.07	5.40	25.65	235.6	1.70	3,064.83	119.47		
714	0.45	7	5.07	5.38	25.65	234.0	1.70	3,663.49	142.80		
715	0.45	7	5.09	5.37	25.91	244.3	1.76	4,022.68	155.27		
716	0.45	7	4.92	4.98	24.12	202.7	1.69	3,663.49	151.92		
717	0.45	7	5.08	5.28	25.76	232.4	1.71	3,663.49	142.24		
718	0.45	7	5.00	5.04	24.95	215.7	1.72	3,902.95	156.43		
719	0.45	7	5.08	5.42	25.76	254.4	1.82	3,783.22	146.89		
720	0.45	7	5.08	5.32	25.76	233.2	1.70	4,022.68	156.19		
721	0.45	7	5.05	5.12	25.44	225.8	1.73	3,902.95	153.39		
722	0.45	7	5.08	5.39	25.81	243.4	1.75	4,262.15	165.16		
723	0.45	7	5.09	5.35	25.86	249.6	1.81	3,663.49	141.68		
724	0.45	7	5.09	5.35	25.91	244.8	1.77	4,621.34	178.38		
725	0.45	7	4.93	4.93	24.26	205.4	1.72	4,166.36	171.77		
726	0.45	7	4.91	5.14	24.11	208.5	1.68	3,783.22	156.93		
PROMESIO A 7 DIAS =									153.74		
727	0.45	14	5.08	5.33	25.81	233.5	1.70	4,142.42	160.52		
728	0.45	14	5.06	5.46	25.60	236.0	1.69	4,142.42	161.79		
729	0.45	14	4.93	5.02	24.30	213.5	1.75	4,501.61	185.21		
730	0.45	14	5.17	5.22	26.68	234.3	1.68	4,908.70	184.01		
731	0.45	14	5.08	5.17	25.74	233.6	1.76	4,860.81	188.82		
732	0.45	14	5.06	5.32	25.60	243.9	1.79	4,621.34	180.50		
733	0.45	14	5.06	5.35	25.60	244.5	1.78	3,663.49	143.08		
734	0.45	14	5.07	5.45	25.70	239.1	1.71	4,142.42	161.15		
735	0.45	14	5.13	5.41	26.31	231.5	1.63	4,142.42	157.43		
736	0.45	14	5.12	5.22	26.19	237.7	1.74	4,501.61	171.85		
737	0.45	14	5.08	5.08	25.74	224.9	1.72	3,444.44	133.80		

738	0.45	14	5.13	5.24	26.26	233.8	1.70	4,477.67	170.49
739	0.45	14	5.10	5.37	25.95	239.1	1.72	4,142.42	159.63
740	0.45	14	5.07	5.35	25.65	250.5	1.83	4,501.61	175.47
741	0.45	14	5.08	5.31	25.81	251.4	1.83	3,663.49	141.97
742	0.45	14	4.99	5.29	24.90	221.4	1.68	4,022.68	161.55
743	0.45	14	5.13	5.45	26.31	235.3	1.64	3,711.38	141.05
744	0.45	14	5.06	5.30	25.55	233.2	1.72	3,663.49	143.37
PROMEDIO A 14 DIAS									162.32
745	0.45	28	5.09	5.41	25.91	234.2	1.67	4,602.19	177.64
746	0.45	28	5.03	5.32	25.25	235.2	1.75	4,142.42	164.09
747	0.45	28	5.05	5.13	25.50	231.9	1.77	4,509.27	176.86
748	0.45	28	5.02	5.04	25.15	229.6	1.81	4,142.42	164.71
749	0.45	28	5.10	4.96	25.96	253.5	1.97	5,579.20	214.92
750	0.45	28	5.07	4.88	25.65	241.5	1.93	6,417.32	250.20
751	0.45	28	5.11	5.21	26.03	227.8	1.68	4,402.30	169.12
752	0.45	28	5.11	5.24	26.06	242.1	1.77	3,683.91	141.36
753	0.45	28	5.06	5.11	25.60	217.8	1.67	3,204.98	125.22
754	0.45	28	5.05	5.28	25.45	235.8	1.75	5,066.75	199.10
755	0.45	28	5.07	5.14	25.64	234.4	1.78	4,621.34	180.25
756	0.45	28	5.15	5.41	26.52	249.5	1.74	4,525.56	170.64
757	0.45	28	5.05	5.42	25.45	241.2	1.75	4,022.68	158.05
758	0.45	28	5.03	5.05	25.30	230.0	1.80	4,501.61	177.95
759	0.45	28	5.07	5.33	25.70	244.1	1.78	4,765.02	185.37
760	0.45	28	5.00	5.15	25.00	228.4	1.77	4,142.42	165.72
761	0.45	28	5.07	5.19	25.70	246.5	1.85	4,881.23	189.93
762	0.45	28	5.06	5.35	25.55	244.6	1.79	4,381.88	171.48
763	0.45	28	5.06	5.35	25.55	243.1	1.78	4,741.08	185.54
764	0.45	28	4.97	5.01	24.70	215.1	1.74	4,621.34	187.10
765	0.45	28	4.94	5.12	24.33	212.5	1.71	4,142.42	170.24
766	0.45	28	5.05	5.24	25.45	236.7	1.77	3,902.95	153.35
767	0.45	28	4.96	5.26	24.60	217.1	1.68	3,902.95	158.65
768	0.45	28	5.03	5.15	25.29	221.1	1.70	4,262.15	168.52
769	0.45	28	5.05	5.42	25.45	244.9	1.78	4,621.34	181.57
770	0.45	28	5.06	4.99	25.60	214.4	1.68	4,043.10	157.92
771	0.45	28	5.04	5.37	25.35	236.7	1.74	4,616.55	182.10
772	0.45	28	5.13	5.20	26.30	233.7	1.71	4,501.61	171.18
773	0.45	28	5.04	5.41	25.40	234.5	1.71	4,717.13	185.70
774	0.45	28	5.05	5.33	25.50	243.3	1.79	4,381.88	171.82
PROMEDIO A 28 DIAS									175.21
693	0.45	60	4.96	5.05	24.60	205.8	1.66	3,803.64	154.62
694	0.45	60	5.07	5.22	25.65	236.1	1.76	5,360.15	208.94
695	0.45	60	5.08	5.29	25.81	239.8	1.76	5,360.15	207.71
696	0.45	60	5.11	5.27	26.05	238.1	1.72	3,902.95	149.80
697	0.45	28	5.09	5.46	25.86	251.0	1.78	5,479.89	211.93
698	0.45	28	5.09	5.43	25.91	251.0	1.78	5,120.69	197.65
699	0.45	28	5.04	5.32	25.40	236.5	1.75	5,464.26	215.17
700	0.45	28	4.91	4.93	24.11	212.5	1.79	5,066.75	210.17
701	0.45	28	5.07	5.35	25.70	244.1	1.78	4,162.84	161.95
702	0.45	28	5.10	5.08	26.01	244.8	1.85	4,522.03	173.86
703	0.45	28	4.95	5.09	24.50	207.7	1.67	2,965.52	121.03
704	0.45	28	5.14	5.34	26.42	250.3	1.77	4,641.76	175.71
705	0.45	28	5.01	5.18	25.04	219.8	1.69	4,402.30	175.78
706	0.45	28	5.02	5.09	25.18	213.4	1.66	4,381.88	174.02
707	0.45	28	4.95	5.04	24.50	216.0	1.75	4,860.81	198.38
708	0.45	28	5.10	5.38	25.96	240.1	1.72	4,501.61	173.42
PROMEDIO A 60 DIAS									181.88

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS MEZCLAS DE LECHADA

4.1 INTRODUCCIÓN

El análisis de los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio realizadas a los materiales que componen las mezclas de concreto elaboradas se realizó para determinar si estos cumplían con los requisitos establecidos según las normas ASTM o con algunas recomendaciones dadas por comités ACI y poder así tener una idea de su calidad o datos necesarios para el diseño de mezclas. Los resultados presentados de cada prueba acompañada de su respectivo análisis estadístico son datos confiables debido al especial cuidado que se tomo en seguir los procedimientos y condiciones normados por la ASTM y también al suficiente número de veces en que estas pruebas se realizaban para poder tener un valor representativo.- Esto es necesario hacerlo especialmente cuando una lechada se diseña, el cuál exige que todos sus componentes posean buena calidad, la cual tiene que ser cuidadosamente verificada en cada uno de estos para que este tipo de lechada pueda garantizar una alta durabilidad en cualquier condición de exposición.

Existen muchas pruebas que se pueden realizar especialmente a los agregados para verificar su calidad, como son las pruebas para determinar la sanidad y proporcionar más parámetros para evaluar la calidad de los agregados.

4.2 ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS A LOS COMPONENTES.

El análisis de los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio realizadas a los materiales que componen las mezclas de lechada se realizó para determinar si estos cumplían con los requisitos establecidos según las normas ASTM o con algunas recomendaciones dadas por comités ACI y poder así tener una idea de su calidad y datos necesarios para establecer diseños de mezclas o por el contrario desechar estos materiales en caso de no cumplir los requisitos de calidad que exigen las normas ASTM y los comités ACI. Los resultados presentados de cada prueba realizada son confiables debido al especial cuidado que se tomó en seguir los procedimientos y condiciones normados por la ASTM y también el suficiente número de veces que estas pruebas se realizaron para poder tener un valor representativo. Esto es necesario hacerlo cuando se pretende probar la calidad de una lechada, la cual tiene que ser cuidadosamente verificada en cada uno de sus componentes para garantizar su buen desempeño en las condiciones reales de servicio.

Existen muchas pruebas que se pueden realizar a los materiales especialmente a la arena y el cemento para verificar su calidad sin embargo en este trabajo de investigación solamente se realizaron algunas de ellas.

Un resumen de los resultados obtenidas en las pruebas de laboratorio realizadas a los componentes de las mezclas de lechada se muestra en la siguiente sección y los comentarios de los resultados para cada material se realiza posteriormente.

4.2.1 RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS A LOS COMPONENTES.

**CUADRO 4.1 PRUEBA A LOS MATERIALES
(ARENA Y CEMENTO)**

PROCEDENCIA DE LA ARENA: RIO LAS CAÑAS, DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR.
PROCEDENCIA DEL CEMENTO : FABRICA CESSA, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA

ENSAYOS (DATOS PROMEDIO)	ARENA	CEMENTO
IMPUREZAS ORGANICAS	MAS CLARO QUE EL COLOR No.1 SEGUN CARTA DE COLORES	---
ANÁLISIS GRANULOMETRICO (MODULO DE FINURA)	2.85	
GRAVEDAD ESPECIFICA (G. E.)	2.38	
ABSORCIÓN (%)	4.28	---
PESO VOLUMÉTRICO SUELTO (kg/m ³)	1320	---
CONSISTENCIA NORMAL (ml)	---	125
TIEMPO DE FRAGUADO (min.)	---	106 -145
PERDIDA POR IGNICIÓN (%)	---	0

4.2.2 AGREGADO FINO.

La arena utilizada en las pruebas de laboratorio y en las mezclas de lechada de esta investigación proviene del río Las Cañas y su selección se determinó

evaluando los antecedentes que ha presentado en investigaciones realizadas anteriormente sobre diseños de mezclas de concreto.

El análisis de los resultados de los ensayos realizados al agregado fino como son las impurezas orgánicas, análisis granulométrico, gravedad específica, absorción y peso volumétrico suelto se muestra a continuación:

- Impurezas orgánicas: 3 muestras de arena fueron ensayadas con solución de hidróxido de Sodio, de acuerdo al procedimiento que la norma ASTM C-40 especifica. Determinándose en cada uno de los ensayos que la arena se encontraba libre de impurezas orgánicas, ya que el color de la solución de cada una de las 3 muestras al compararla con la carta de colores No. 815 Hellige de ASTM C-40, resultaron tener un color mas claro que el color No. 1 de dicha carta de colores.

- Análisis granulométrico: se realizaron 2 granulometrías de arena de acuerdo al método de ensayo que la norma ASTM C-136 establece, al analizar las curvas granulométricas de muestras de arena, se determino que no cumple con los limites de graduación especificados en la norma ASTM C-404. Las graficas de las dos granulometrías que se realizaron se muestran en la sección 3.3.1-2. Por otro lado se obtuvo un valor promedio del modulo de finura de 2.85 que fue el

resultado alcanzado al realizar la suma de los porcentajes retenidos acumulados de la malla No. 4 a la No. 100 por lo que se puede clasificar este agregado como una arena media, checandose que no existió cambio mayor a 0.2 en el Módulo de Finura. En vista de que la arena no cumplió con los límites de graduación establecidos en ASTM C-404, se utilizó la misma arena, pero se tamizó por la malla No. 40.

- Gravedad Específica: para obtener la gravedad específica de la arena se llevó a cabo dos ensayos según lo especificado en la norma ASTM C-128, el valor obtenido fue de 2.38 aproximado a 2.4 según se muestra en la sección 3.3.1-3. Se puede decir que este resultado obtenido es aceptable ya que según la PCA (Portland Cement Association), la mayoría de los agregados naturales tienen densidades relativas entre 2.4 y 2.9.¹³

- Absorción: en cuanto a la absorción para la arena utilizada en los diseños de lechada se realizaron dos ensayos de acuerdo al método de prueba según la norma ASTM C-128. El resultado obtenido fue de 4.28%, se puede decir que el resultado es aceptable de acuerdo a investigaciones que indican que un agregado es de buena calidad si la absorción no excede de 3% en el agregado grueso y 5% en el agregado fino¹⁵, por lo que el porcentaje de absorción de la arena se encuentra en el rango permisible.

- **Peso Unitario** : El valor de peso unitario de la arena mostrados en la tabla anterior es un dato promedio de 3 ensayos, realizado para el peso volumétrico suelto cuyo valor fue de 1320 kg/m^3 , la prueba de ensayo se realizó basada en lo que especifica la norma ASTM C-29. El resultado obtenido de peso unitario para la arena se encuentra dentro del rango de 1200 kg/m^3 a 1760 kg/m^3 que se especifica para un agregado usado en un concreto de peso normal¹³

4.2.3 CEMENTO.

EL análisis de los resultados obtenidos de las pruebas que se le hicieron al cemento Portland (ASTM C-150, TIPO I) se muestran a continuación:

- **Consistencia Normal** : la prueba de consistencia normal del cemento se realizó para encontrar la cantidad de agua requerida en la pasta de cemento que sirve para determinar los tiempos de fraguado. Esta cantidad de agua para la consistencia normal del cemento fue de 125 ml para una muestra de 650 gr y bajo las temperaturas que se establecen en la norma ASTM C-187.
- **Tiempo de Fraguado** : Los tiempos de fraguado del cemento fueron determinados para asegurar que este presente un fraguado normal y esperar que la pasta de cemento reaccionara gradualmente con el agua. Con los tiempos de fraguado determinados en el cemento no se pueden estimar los tiempos para

¹³ "Diseño y Control de Mezclas de Concreto", Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Steven h. Kosmatka y William C. Panarese, "Agregados Para el Concreto", Pág. 38.

pasar del estado plástico al rígido de las mezclas de lechada elaboradas debido al uso de aditivos súper plastificantes. Sin embargo se comprobó que el cemento cumple con los tiempos de fraguado que establece la norma ASTM C-150 para cementos tipo I, que deben hallarse en un rango entre 45 minutos a 6 horas mas 15 minutos. Para esta prueba se llevaron a cabo dos ensayos, obteniéndose para el primero un fraguado inicial a los 106 minutos y el fraguado final a los 130 minutos. Para el segundo ensayo el fraguado inicial fue de 112 y el fraguado final fue de 145 minutos.

- **Peso Específico:** Para esta prueba se tomo una muestra de cemento de 64 gr al cual se le obtuvo un peso específico siguiendo el procedimiento de prueba según la norma ASTM C-188. El valor obtenido fue de 3.06 gr/cm^3 . Este dato solamente se obtuvo con el objetivo de poderlo comparar con el dato nominal para cemento Portland tipo I que es de 3.15 gr/ml . Hay que tomar en cuenta que el peso específico de un cemento determinado con la norma ASTM C-188 no es un indicador de la calidad del cemento; su uso principal se tiene en los cálculos de proporcionamiento de mezclas¹⁵
- **Pérdida por Ignición:** Esta prueba se llevó a cabo bajo el procedimiento que rige la norma ASTM C-114. Para el cemento ocupado en la elaboración de estas mezclas el porcentaje de pérdidas por ignición fue de cero, lo que es

¹⁵ "Diseño y Control de Mezclas de Concreto", Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Steven H. Kosmata y William C. Panarese, "Cementos Pórtland", Pág.. 25.

comprensible debido a que este cemento se encontraba recién fabricado al momento de llevar a cabo este ensayo.

4.3 ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLAS DE LECHADA.

4.3.1 RESUMEN DE LAS PROPORCIONES DE LAS MEZCLAS ELABORADAS.

CUADRO 4.3 PROPORCIONES DE LAS MEZCLAS (POR BOLSA DE CEMENTO)

INFORMACIÓN DE LAS MEZCLAS	MEZCLAS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
TIPO DE CEMENTO	I	I	I	I	I	I	I	I
RELACION A/C	0.40	0.45	0.50	0.45	0.50	0.55	0.45	0.45
AGUA NOMINAL (Lts)	17.0	19.1	21.3	19.1	21.3	23.4	19.1	19.1
CEMENTO (Bolsas)	1	1	1	1	1	1	1	1
AGREGADO FINO (m ³)	--	--	--	--	--	--	--	0.08
HUMO DE SÍLICE (Kg)	--	--	--	--	--	--	4.25	4.25
ADITIVO TIPO I (Kg)	0.43	0.43	0.43	--	--	--	--	--
ADITIVO TIPO II (Kg)	--	--	--	1.7	1.7	1.7	--	--
ADITIVO TIPO III (Kg)	--	--	--	--	--	--	0.68	0.68
POLVO DE ALUMINIO (Kg)	--	--	--	--	--	--	0.13	0.13

TIPO I Intraplast Z (Expansor)

TIPO II Flowcable (Superplastificante)

TIPO III Eucon 357 (Reductor de Agua de Alto Rango)

4.3.2 COMPORTAMIENTO DE LA LECHADA EN ESTADO FRESCO.

4.3.2-1 OBSERVACIONES EN LA DOSIFICACIÓN Y MEZCLADO DE LA LECHADA.

El orden de carga de los componentes de la lechada a la mezcladora resulta eficiente para obtener un buen comportamiento de la lechada en estado fresco, el tiempo de mezclado para todas las mezclas fue de 2 minutos y 15 segundos. Resultando las siguientes observaciones para cada mezcla:

MEZCLAS 1, 2 y 3. Se observó que la temperatura de estas lechadas fue alrededor de 29 a 30°C, no se registró algún tipo de sedimentación, pero cuando se le tomó el tiempo de fluidez por medio del cono de Marsh no pasó un litro de lechada en los primeros 30 segundos según lo especificado en la norma ASTM C-939 para lechadas de consistencia fluida, también se pudo observar que al momento de llenar los moldes cúbicos se generaba cierta expansión en la cara superior lo que obligó a colocar un contrapeso que sirviera como tapón para que la lechada no se expandiera en la cara superior ya que la expansión generada por el aditivo Intraplast Z en la cara superior del cubo fue de alrededor de 2 a 4 milímetros aproximadamente (equivalente a un 8% en volumen de la mezcla).

MEZCLAS 3, 4 Y 5. En estas lechadas tampoco se experimentó algún tipo de sedimentación, la temperatura variaba entre los 28 y 33°C, se comprobó que el aditivo súper plastificante utilizado llamado Flowcable que además es no contráctil cumplió las expectativas en cuanto a fluidez, temperatura y sedimentación se refiere, para lechadas de inyección. Se obtuvieron tiempos de fluidez que variaban entre los 5 y 7 segundos en el cono de fluidez, por lo tanto se puede decir que el comportamiento de estas lechadas en estado fresco es bastante bueno en lo que a lechadas de inyección para elementos postensados se refiere.

MEZCLA 7. Con el objeto de ganar resistencia en la lechada a este diseño de mezcla se le agrego una adición mineral llamada Humo de Sílice como sustitución parcial del cemento, para lograr cierta expansión en la mezcla se utilizó polvo de Aluminio como agente expansor y para lograr la fluidez que es de vital importancia para que la lechada pueda ser inyectable se utiliza un aditivo reductor de agua de alto rango (HRWR por sus siglas en inglés) llamado Eucon 357. Se obtuvo una temperatura promedio de 29°C y al igual que las lechadas anteriores no se experimentan algún tipo de sedimentación. La fluidez obtenida mediante el cono de flujo fue de 18 segundos puede decir que las propiedades de esta lechada en estado fresco cumplen con lo requerido para lechadas de inyección en elementos postensados.

MEZCLA 8. Al igual que la mezcla 7 en esta mezcla de lechada se utilizó los mismos materiales en las mismas proporciones, la diferencia es que a esta mezcla se

le agregó arena. El objeto de utilizar agregado fino en esta lechada consistió en probar una lechada que es utilizada cuando el área bruta de la sección transversal interior del revestimiento excede en cuatro veces el área de la sección transversal de los tendones de preesfuerzo. La temperatura obtenida para esta lechada fue de 29°C y al igual que todas las mezclas anteriores en esta no hubo sedimentación. La fluidez obtenida en esta lechada fue de 14 segundos, lo que satisface las propiedades requeridas en estado fresco para este tipo de lechadas.

CUADRO 4.4 TEMPERATURAS Y FLUIDEZ OBTENIDAS EN LAS LECHADAS

CONCEPTO	MEZCLAS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
RELACION A/C ó A/MC	0.40	0.45	0.50	0.45	0.50	0.55	0.45	0.45
ADITIVO INTRAPALST Z	1.0%	1.0%	1.0%	--	--	--	--	--
ADITIVO FLOWCABLE	--	--	--	4.0%	4.0%	4.0%	--	--
ADITIVO EUCON 357	--	--	--	--	--	--	1.6%	1.6%
HUMO DE SÍLICE	--	--	--	--	--	--	10%	10%
POLVO DE ALUMINIO	--	--	--	--	--	--	0.03%	0.03%
TEMPERATURA DEL AMBIENTE	29°C	28°C	28°C	29°C	30°C	28°C	29°C	28°C
TEMPERATURA DE LA MEZCLA	29°C	30°C	30°C	29.9°C	33°C	28.1°C	29.2°C	28.9°C
TIEMPO DE FLUIDEZ	---	---	---	6.4 sg	5.8 sg	5.0 sg	17.7 sg	14.3 sg

4.3.3 COMPORTAMIENTO DE LA LECHADA EN ESTADO ENDURECIDO.

4.3.3-1 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Los resultados de la ruptura de los especímenes para cada mezcla son mostrados en los cuadros anteriores ver páginas 132 a la 147.

4.3.3-2 RESISTENCIA A COMPRESIÓN OBTENIDA A DIFERENTES EDADES.

Los resultados de las resistencias a compresión promedio obtenido en los especímenes cúbicos de lechada (5.0 cm de arista) a diferentes edades de prueba se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO 4.5 PROMEDIOS DE RESISTENCIA A COMPRESION

MEZCLA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN OBTENIDA EN LA LECHADA A DIFERENTES EDADES (Kg/cm ²)				
	3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS	60 DIAS
1	43.10	104.10	118.95	144.91	161.77
2	80.05	85.10	96.73	100.01	185.19
3	53.80	71.60	93.01	95.23	132.43
4	175.40	260.40	271.59	292.27	351.39
5	157.95	189.89	236.12	274.41	313.29
6	110.50	185.80	191.41	195.02	209.18
7	44.30	82.70	115.01	125.53	142.54
8	109.10	155.80	162.32	174.32	185.94

Comparando las resistencias de las mezclas "2,4,7 y 8" se observa que la mezcla No. 4 con relación $A/C = 0.45$ tiene una resistencia mayor a los 7 y 28 días comparadas contra las mezclas "2,7 y 8" aunque no cumple con el comité ACI 301-96, el cuál da las resistencias promedio a estas edades.

Las mezclas "7 y 8" conteniendo microsíllica en un 10% como sustitución presentaba la característica de tener pesos volumétricos ligeramente muy bajos comparados con el de las otras mezclas esto debido a que la densidad de la microsíllica es menor y produce un efecto de disminución en el peso volumétrico del concreto. Si un mayor porcentaje de microsíllica es utilizado como sustitución o adición al contenido de cemento se tendrían menores pesos volumétricos de los especímenes.

El nivel de resistencia de los especímenes sometidos a la compresión de las mezclas "4,5 y 6" presentaban una ruptura columnar debido a lo confinado que se encontraban los especímenes, caso contrario los especímenes realizados con las mezclas "1,2,3,7 y 8" que presentaban demasiadas cavidades ocasionadas por generación de gases estas atribuidas a la incorporación de aluminio a la mezcla.

CAPITULO V

ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y GRAFICOS COMPARATIVOS DE LAS MEZCLAS DE LECHADA.

5.1 ANALISIS ESTADÍSTICO.

La ciencia estadística es una herramienta versátil. Su uso permite tomar decisiones con un cierto grado de confianza. Los conceptos estadísticos son especialmente apropiados y valiosos cuando se usan en proyectos que involucran altos índices de producción y grandes volúmenes de concreto u otros materiales como es el caso de la pavimentación de carreteras y aeropuertos, la construcción de grandes represas, etc. El uso de conceptos estadísticos ha probado ser no solo factible sino también efectivo y eficiente cuando se aplica en forma apropiada.

5.1.1 CONCEPTOS ESTADÍSTICOS BÁSICOS.

Se ha demostrado mediante investigaciones que los resultados de ensayo de los materiales y operaciones de construcción forman un patrón definido que se agrupa alrededor de un valor central llamado promedio. Las medidas se agrupan alrededor del valor central formando un patrón simétrico, y por consiguiente permitiendo el uso de estadísticas basadas en la curva normal de distribución en

forma de campana conocida familiarmente. Aunque pueden ocurrir ligeras variaciones con respecto a la curva simétrica, especialmente cuando el número de los resultados de los ensayos es pequeño, no resultara grande el error que se cometa al suponer una distribución normal. El supuesto de una distribución normal permite el uso de relaciones establecidas entre el promedio (valor medio) y la desviación estándar para fijar tolerancias realistas en las especificaciones de tamaños seleccionados de la muestra. Tales tolerancias se pueden establecer mediante análisis estadístico combinado con criterio de ingeniería. En la figura 5-1 se muestra una distribución típica de resultados de ensayos de resistencia a la compresión hechos de hormigón de una mezcla específica. En dicha figura aparece sobrepuesta a los resultados señalados una curva de distribución normal (en forma de campana) que en su mayoría se ajusta bastante bien a la distribución actual de resultados. Todos los procedimientos estadísticos de control para construcciones de concreto, se basan en el hecho de que se puede esperar que la distribución de los resultados de los ensayos (de cualquier calidad de concreto) se aproxime a tal curva normal.

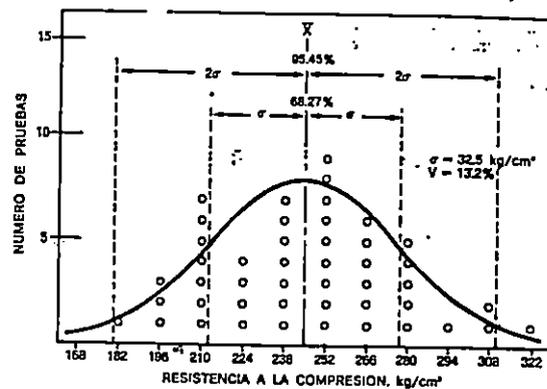


Fig. 5-1 Distribución típica de resultados de ensayos de resistencia a compresión.
Fuente: Manual de Inspección del Hormigón

Algunos conceptos utilizados en análisis estadístico para concreto se definen a continuación:

n : Numero de valores observados o de ensayos de la muestra.

X : Valores individuales observados

\bar{X} : Promedio (o valor medio), específicamente, promedio de la muestra (o valor medio llamado “ \bar{X} ” barra)

σ :Desviación estándar de la muestra

V : Coeficiente de variación

R : Rango de la muestra

$f'c$: Resistencia especificada del concreto a la compresión

5.1.2 TECNICAS ESTADÍSTICAS.

En las construcciones de concreto frecuentemente se les da mucho énfasis a los resultados de los ensayos de cilindros individuales. Es inevitable que se presenten ensayos con bajos resultados. El hecho de que ocasionalmente se informe sobre una prueba particularmente baja no debe preocupar mucho o no indica necesariamente un concreto de calidad pobre. Lo que debe preocupar es que los ensayos de cilindros estándar (cilindros hechos de muestras tomadas del concreto fresco utilizado en la ruptura), no tenga mas resultados por debajo del $f'c$ que los

permitidos por la especificación del proyecto.¹⁶

En el comité ACI 214 se exponen técnicas estadísticas para evaluar los resultados de las pruebas del concreto en campo, según la información que se desea obtener. La forma de la curva típica de distribución de frecuencia mostrada en la figura 5-1, depende de la variabilidad de los resultados de prueba. Al aumentar la variabilidad, la curva se abate y se alarga. Cuando la variabilidad es pequeña, los valores de la resistencia se concentran cerca del promedio y la curva es larga y angosta.

La desviación estándar, (σ), es una medida de la dispersión o variabilidad de los datos. Cuando la distribución de frecuencias es larga y abatida, el valor de (σ) es grande, lo cual indica mucha variación. Cuando hay poca variabilidad, los valores de resistencia se aglomeran alrededor del promedio, y el valor de (σ) es pequeño.

La desviación estándar se define como la raíz cuadrada del promedio de la desviación al cuadrado de los resultados de prueba y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{[(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2]}{(n-1)}}$$

¹⁶ "Manual de Inspección del Hormigón"

A continuación se muestra un ejemplo de la aplicación de análisis estadístico a los resultados obtenidos de la prueba de compresión de la mezcla 5

5.2 ANALISIS ESTADÍSTICO DE LA LECHADA A COMPRESIÓN.

Para realizar un análisis de los resultados de la resistencia a la compresión de la lechada, se fabricó una cantidad suficiente de especímenes a fin de poder tratarlos estadísticamente para conocer valores promedios, desviaciones estándar y coeficientes de variación.

El análisis estadístico a la compresión para la mezcla 5 a los 14 días se presenta a continuación.

Para el análisis estadístico se calcularán las siguientes funciones:

1. Resistencia promedio de todas las pruebas individuales (\bar{X})
2. La desviación estándar (σ)
3. El coeficiente de variación (V)

**CUADRO 5.1 DATOS DE PRUEBA A COMPRESIÓN PARA LECHADA DE
MEZCLA “ 5”**

Muestra No.	Esfuerzo (kg/cm ²)	Datos ordenados	(X _n -X)	(X _n - X) ²
403 (1)	195.31	106.49	-129.27	16,710.73
404 (2)	281.77	161.06	-74.70	5,580.09
405 (3)	270.20	163.04	-72.72	5,288.20
406 (4)	231.13	195.31	-40.95	1,636.20
407 (5)	359.29	196.08	-39.68	1,574.50
408 (6)	261.70	214.88	-20.88	435.97
409 (7)	277.41	231.13	-4.63	21.43
410 (8)	214.88	232.51	-3.25	10.56
411 (9)	242.22	242.22	+6.46	41.73
412 (10)	246.53	246.53	+10.77	116.00
413 (11)	260.52	260.52	+24.76	613.06
414 (12)	278.09	261.70	+25.94	672.90
415 (13)	265.46	265.46	+29.70	882.09
416 (14)	232.51	270.20	+34.44	1,186.11
417 (15)	196.08	277.41	+41.65	1,734.72
418 (16)	106.49	278.09	+42.33	1,791.83
419 (17)	161.06	281.77	+46.01	2,116.92
420 (18)	163.04	359.29	+123.53	15,259.66
		Σ = 4,243.68	Σ = 0.00	Σ = 55,672.70

1. Resistencia Promedio (X)

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_{18}}{n} = \frac{4,243.68}{18} = 235.76 \text{ kg/cm}^2$$

2. Desviación Estándar (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - X)^2 + (X_2 - X)^2 + \dots + (X_{18} - X)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{55,672.70}{18-1}} = 57.23 \text{ kg/cm}^2$$

3. Coeficiente de Variación (V)

$$V = \frac{\sigma}{X} \times 100 = \frac{57.23}{235.76} \times 100 = 24.27 \%$$

- Área bajo la curva entre $(X + \sigma)$ y $(X - \sigma) = \frac{14}{18} = 0.78 = 78 \% > 68.2 \%$
- Área bajo la curva entre $(X+2\sigma)$ y $(X - 2\sigma) = \frac{16}{18} = 0.89 = 89 \% < 95.4 \%$

Como se puede observar dos de los esfuerzos obtenidos en la prueba de compresión de la lechada, caen fuera del área comprendida bajo la curva normal entre $(X + 2\sigma)$ y $(X - 2\sigma)$. Depurando estos dos datos obtenemos nuevamente un promedio más exacto del esfuerzo a compresión obtenido a los 14 días.

Los datos depurados se marcan en rojo en la tabla anterior que corresponden al dato 1 y el 18 con valores de 106.49 kg/cm^2 y 359.29 kg/cm^2 respectivamente, con lo que se obtiene un nuevo promedio:

$$X = (X_2 + X_3 + \dots + X_{17}) / 16 = 3,777.91 / 16 = 236.12 \text{ kg/cm}^2$$

Los datos promedio de resistencia a compresión obtenidos para las edades de 3, 7, 28, y 60 días para la lechada 5 se obtuvieron siguiendo el procedimiento del ejemplo

anterior para la edad de 14 días. De igual manera se obtuvieron los promedios para los otros diseños de lechada. El resumen de estos resultados se muestra en los siguientes cuadros.

CUADRO 5.2 ANALISIS ESTADÍSTICO PARA MEZCLAS 1, 2 Y 3

EDAD DE PRUEBA (DIAS)	MEZCLA 1			MEZCLA 2			MEZCLA 3		
	X	σ	V (%)	X	σ	V (%)	X	σ	V (%)
3	43.10	14.40	31.90	80.05	10.50	13.10	53.80	8.60	16.30
7	104.10	19.90	19.70	85.10	24.30	30.10	71.60	17.80	26.00
14	118.95	20.03	16.80	96.73	20.22	21.50	93.01	6.98	7.50
28	144.91	37.00	25.50	100.01	16.55	16.50	95.23	11.60	12.00
60	161.77	25.32	15.60	185.19	23.89	12.90	132.43	25.72	19.40

CUADRO 5.3 ANALISIS ESTADÍSTICO PARA MEZCLAS 4, 5 Y 6

EDAD DE PRUEBA (DIAS)	MEZCLA 4			MEZCLA 5			MEZCLA 6		
	X	σ	V (%)	X	σ	V (%)	X	σ	V (%)
3	175.40	19.50	11.50	157.97	23.40	14.90	110.50	21.10	13.50
7	260.40	31.00	11.90	189.89	28.50	15.40	185.80	30.10	16.20
14	271.59	48.54	17.90	236.12	57.23	24.30	191.41	31.55	16.90
28	292.27	51.86	18.00	274.41	41.73	15.40	195.02	61.83	30.40
60	351.39	21.66	6.20	313.29	37.95	11.90	209.18	84.02	40.20

CUADRO 5.4 ANALISIS ESTADÍSTICO PARA MEZCLAS 7 Y 8

EDAD DE PRUEBA (DIAS)	MEZCLA 7			MEZCLA 8		
	X	σ	V (%)	X	σ	V (%)
3	44.30	15.50	33.50	109.10	14.40	13.40
7	82.70	32.20	37.20	155.80	15.80	10.30
14	115.01	29.30	25.50	162.32	16.81	10.40
28	125.53	36.62	30.80	174.32	22.02	12.60
60	142.54	53.14	37.30	185.94	26.93	14.80

Los valores de X y σ se dan en kg/cm²

5.3 ANALISIS ESTADÍSTICO APLICADO A LOS DIFERENTES TIPOS DE LECHADA.

El análisis estadístico que a continuación se presentará junto con su gráfico resistencia a la compresión fue aplicado para cada tipo de mezcla de lechada.

ANALISIS ESTADISTICO

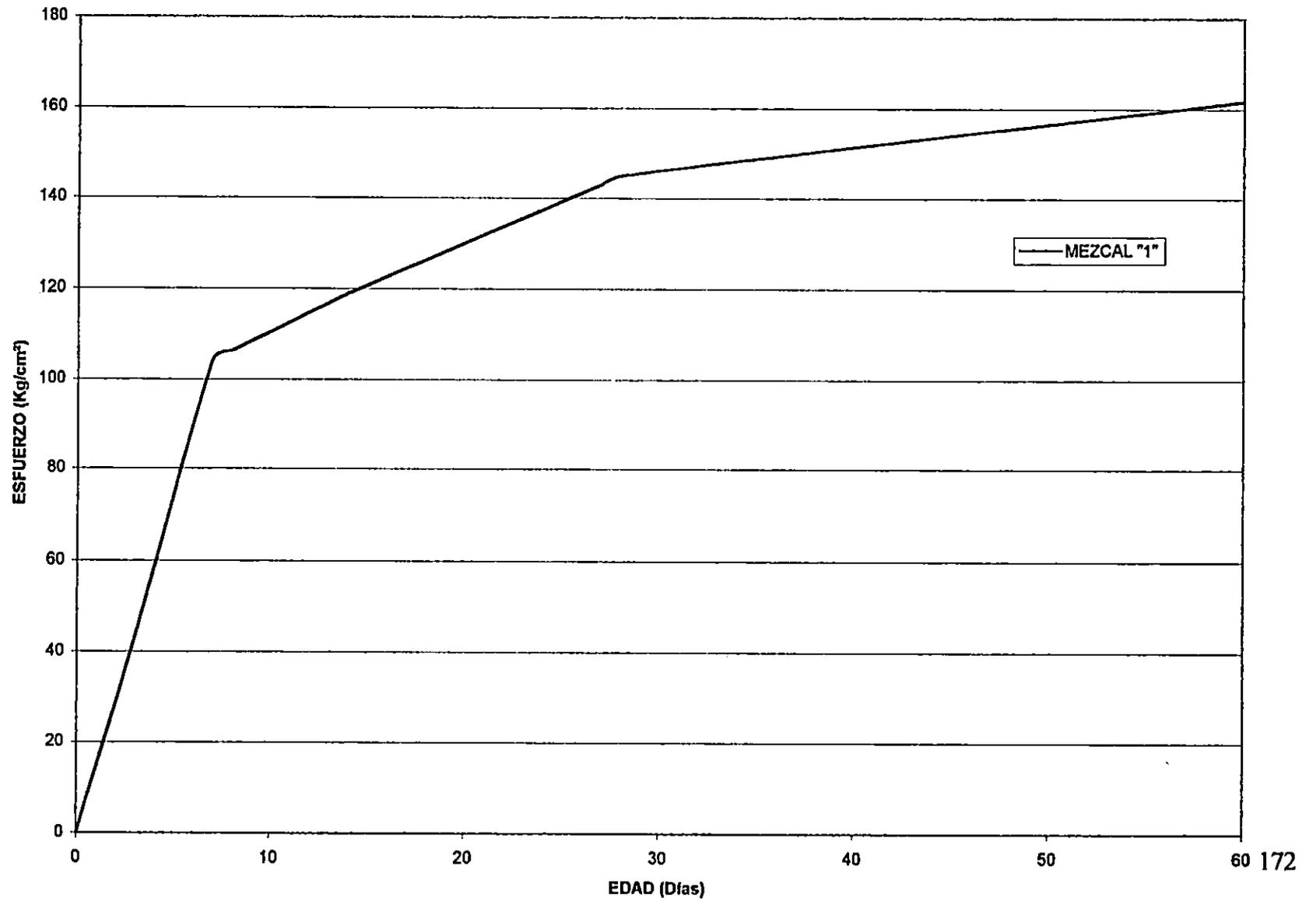
COMBINACION: AGUA+CEMENTO (C-5000)+ADITIVO (INTRAPLAST Z)
RELACION A/C=0.40

MEZCLA "1"

MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACION	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
43	35.83	27.64	3.00	45.06	14.4	31.9	16.3	73.8	43.10
44	41.80	29.39							
45	32.50	31.27							
46	27.64	32.50							
47	29.39	32.55							
48	38.24	35.83							
49	31.27	38.24							
50	32.55	39.54							
51	78.38	40.65							
52	61.63	41.68							
53	66.73	41.80							
54	40.65	47.87							
55	41.68	48.01							
56	55.67	55.67							
57	48.01	61.63							
58	39.54	61.69							
59	61.69	66.73							
60	47.87	78.38							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACION	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
61	76.67	46.16	7.0	100.9	19.9	19.7	61.2	140.6	104.1
62	46.16	76.53							
63	76.53	76.67							
294	88.17	88.17							
295	123.64	90.11							
296	112.15	96.41							
297	90.11	99.77							
298	96.41	100.79							
299	99.77	105.60							
300	113.25	105.64							
301	123.65	107.53							
302	107.53	111.06							
303	123.38	112.15							
304	115.68	113.25							
305	105.60	115.68							
306	105.64	123.38							
307	111.06	123.64							
308	100.79	123.65							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACION	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
309	115.37	79.26	14	119.46	20.03	16.8	79.40	159.53	118.95
310	118.64	97.18							
311	132.99	103.60							
312	143.36	104.32							
313	135.43	104.63							
314	167.85	108.51							
315	113.89	113.89							
316	121.96	115.37							
317	136.94	116.60							
318	117.46	117.46							
319	104.63	118.64							
320	103.60	121.96							
321	116.60	132.34							
322	132.34	132.99							
323	108.51	135.43							
324	97.18	136.94							
325	79.26	143.36							
326	104.32	167.85							

MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACION	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
327	99.44	79.34	28	144.91	37.00	25.5	70.90	218.91	144.91
328	88.87	81.96							
329	87.55	85.42							
330	81.96	87.55							
331	151.12	88.87							
332	116.12	99.44							
333	159.14	116.12							
334	168.30	130.09							
335	85.42	132.34							
336	156.97	141.29							
337	141.29	146.16							
338	146.16	150.10							
339	130.09	150.25							
340	152.80	151.12							
341	175.14	152.80							
342	79.34	156.97							
343	201.11	159.14							
344	170.67	168.30							
345	177.89	170.67							
346	179.47	171.50							
347	150.10	175.14							
348	150.25	177.89							
349	194.94	179.47							
350	132.34	180.74							
351	180.74	183.83							
352	171.50	194.94							
353	183.83	201.11							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACION	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
354	125.10	121.36	60	161.77	25.32	15.6	111.14	212.41	161.77
355	147.32	125.10							
356	163.09	127.64							
357	173.94	147.32							
358	187.05	152.30							
359	152.75	152.75							
360	121.36	153.72							
361	153.79	153.79							
362	183.75	157.02							
363	157.02	163.09							
364	196.82	173.94							
365	152.30	183.75							
366	153.72	187.05							
367	127.64	191.53							
368	201.20	196.82							
369	191.53	201.20							

RESISTENCIA A LA COMPRESION



ANALISIS ESTADISTICO

COMBINACION: AGUA+CEMENTO (C-5000)+ADITIVO (INTRAPLAST Z)
RELACION A/C=0.45

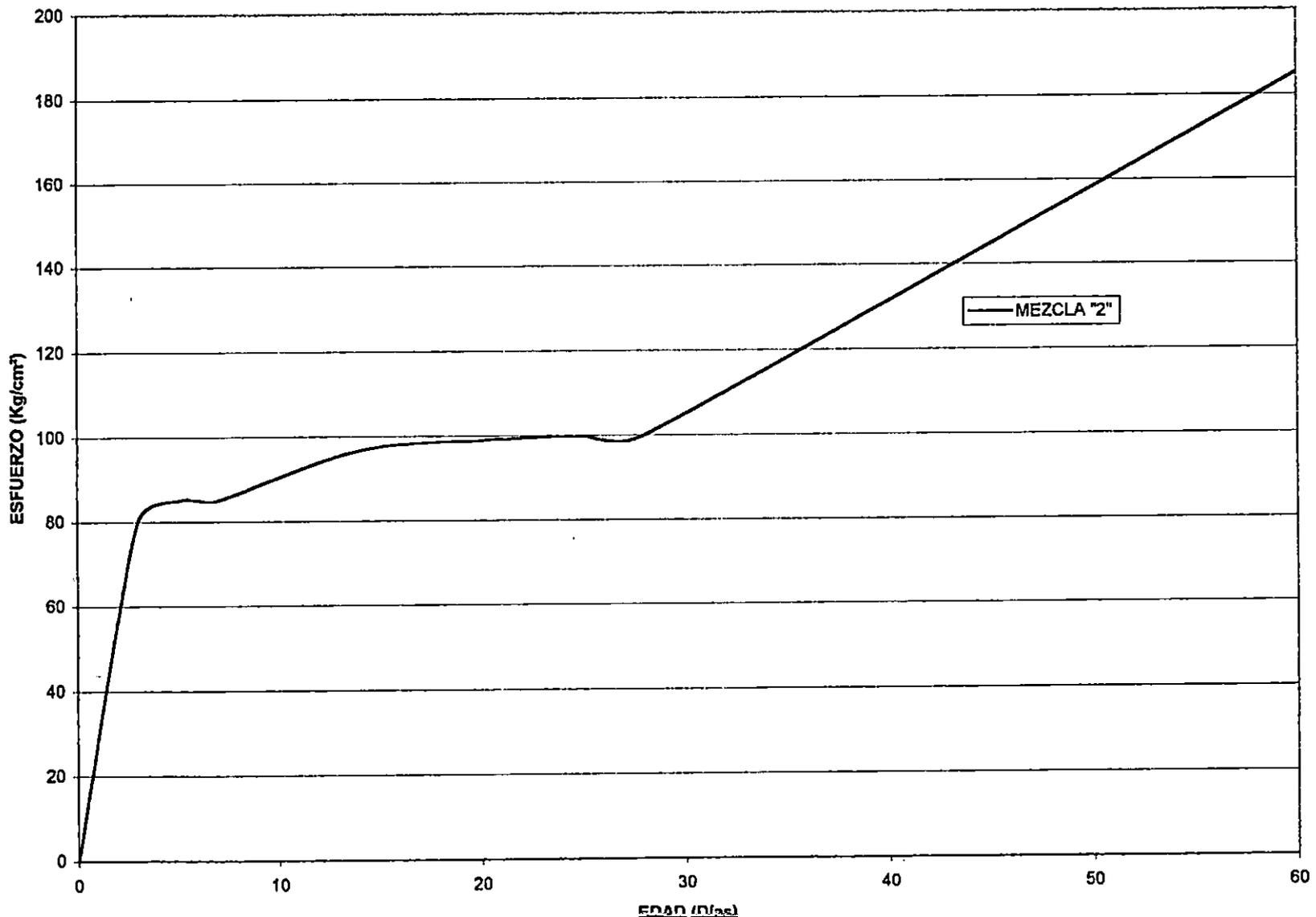
MEZCLA "2"

MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACION	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
122	102.20	58.68	3.00	80.12	10.5	13.1	59.1	101.1	80.05
123	78.21	73.97							
124	87.06	75.57							
125	83.77	76.01							
126	79.96	78.21							
127	83.12	79.96							
128	73.97	82.81							
129	76.01	83.12							
130	58.68	83.77							
131	75.57	87.06							
132	82.81	102.20							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACION	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
67	31.41	31.41	7.0	80.6	24.3	30.1	32.0	129.2	85.1
68	68.24	42.61							
69	42.61	68.24							
208	94.78	70.43							
209	110.51	81.84							
210	81.84	84.99							
211	109.32	86.60							
212	86.60	87.06							
213	87.06	94.78							
214	70.43	99.57							
215	84.99	109.32							
216	99.57	110.51							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACION	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
217	88.54	50.94	14	94.19	20.22	21.5	53.74	134.63	96.73
218	97.38	54.69							
219	50.94	63.38							
220	54.69	85.97							
221	63.38	87.91							
222	112.10	88.54							
223	117.49	91.12							
224	104.63	94.76							
225	106.15	95.48							
226	91.12	97.38							
227	87.91	102.22							
228	109.90	104.63							
229	115.83	106.15							
230	85.97	109.90							
231	95.48	112.10							
232	94.76	115.83							
233	116.89	116.89							
234	102.22	117.49							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACION	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
235	86.90	68.60	28	100.01	16.55	16.5	66.92	133.11	100.01
236	109.81	73.08							
237	107.02	74.93							
238	73.08	80.53							
239	80.53	85.58							
240	89.61	85.62							
241	100.58	86.90							
242	114.35	89.61							
243	68.60	91.20							
244	122.17	92.03							

245	113.82	94.22
246	91.20	98.14
247	114.11	98.14
248	85.62	99.28
249	99.28	100.58
250	98.14	101.23
251	107.02	107.02
252	101.23	107.02
253	74.93	109.81
254	92.03	113.82
255	98.14	114.11
256	128.67	114.35
257	125.28	114.67
258	85.58	122.17
259	94.22	123.76
260	123.76	125.28
261	114.67	128.67
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS
262	151.57	151.57
263	165.95	152.16
264	152.16	164.04
265	214.49	165.95
266	185.40	165.95
267	187.22	170.59
268	165.95	181.02
269	184.31	183.25
270	231.90	184.31
271	202.19	185.40
272	183.25	187.22
273	221.38	201.60
274	201.60	202.19
275	170.59	214.49
276	164.04	221.38
277	181.02	231.90

EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACION	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
60	185.19	23.89	12.9	137.42	232.96	185.19

RESISTENCIA A LA COMPRESION

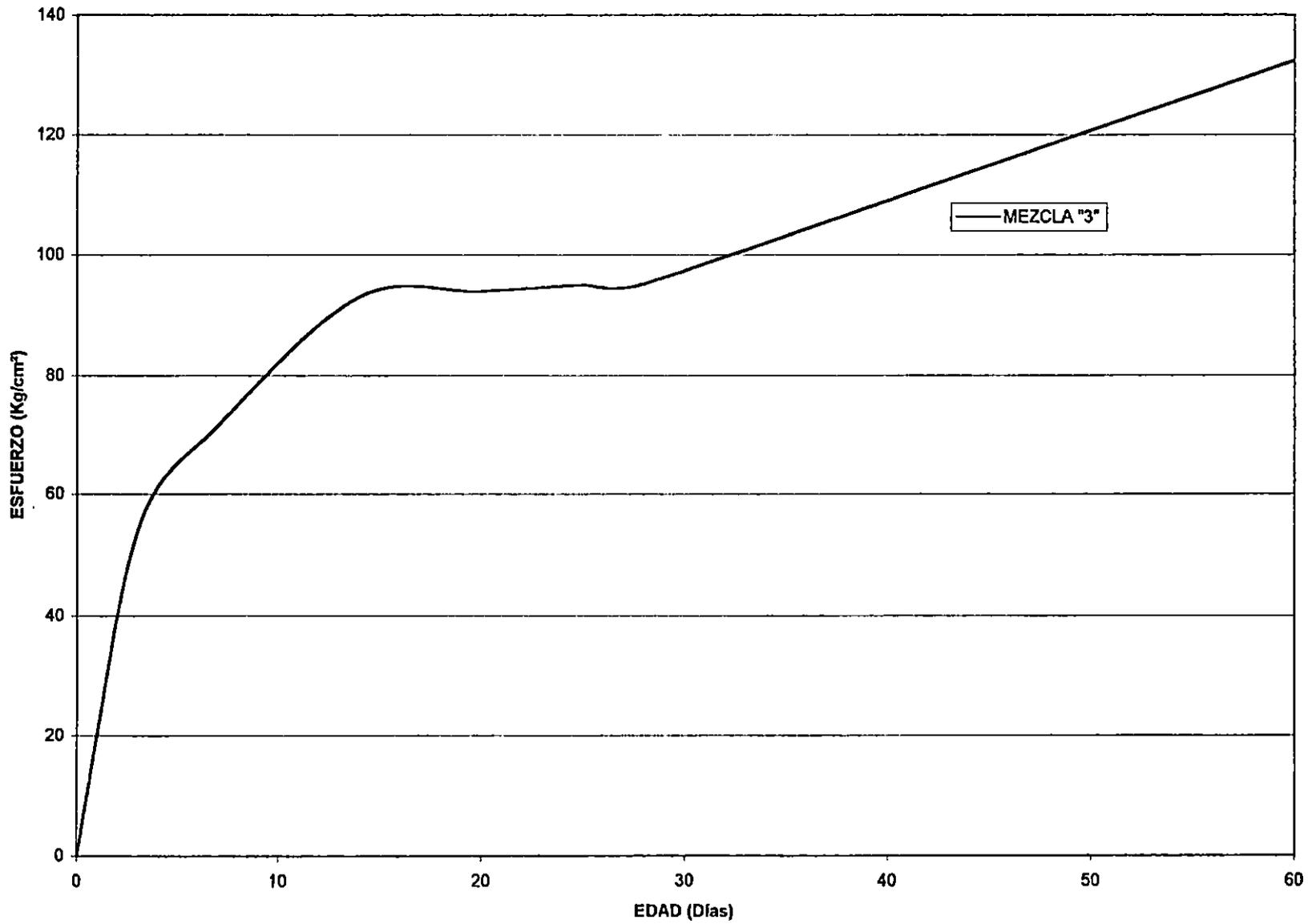


ANÁLISIS ESTADÍSTICO
COMBINACION: AGUA+CEMENTO (C-5000)+ADITIVO (INTRAPLAST Z)
RELACION A/C=0.50

MEZCLA *3*									
MUESTRA No.	ESFUERZO Ke/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (dias)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
85	46.16	33.95	3	52.7	8.6	16.3	35.5	69.8	53.8
86	49.02	37.53							
87	48.25	45.69							
88	59.36	46.16							
89	63.90	48.25							
90	56.08	48.45							
91	37.53	49.02							
92	62.36	51.05							
93	58.86	53.93							
94	51.05	54.04							
95	54.04	56.08							
96	53.93	56.24							
97	33.95	57.56							
98	45.69	58.86							
99	56.24	59.36							
100	65.81	62.36							
101	48.45	63.90							
102	57.56	65.81							
MUESTRA No.	ESFUERZO Ke/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (dias)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
79	38.67	7.51	7.0	68.6	17.8	26.0	33.0	104.2	71.6
80	71.95	38.67							
81	49.02	49.02							
103	72.77	64.85							
104	64.85	65.23							
105	76.15	66.89							
106	66.89	67.38							
107	84.09	68.94							
108	83.76	71.95							
109	80.58	72.67							
110	65.23	72.77							
111	72.67	75.39							
112	7.51	76.15							
113	77.15	77.15							
114	81.57	77.68							
115	79.89	77.75							
116	67.38	79.89							
117	77.75	80.58							
118	77.68	81.57							
119	68.94	83.76							
120	75.39	84.09							
MUESTRA No.	ESFUERZO Ke/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (dias)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
133	85.75	79.72	14	93.01	6.98	7.5	79.04	106.98	93.01
134	89.12	82.17							
135	99.18	85.75							
136	103.39	87.91							
137	79.72	89.12							
138	93.02	89.51							
139	90.59	90.59							
140	99.57	91.62							
141	92.02	92.02							
142	102.25	92.52							
143	87.91	93.02							
144	104.45	95.66							
145	89.51	95.76							
146	92.52	99.18							

147	95.76	99.57							
148	82.17	102.25							
149	91.62	103.39							
150	95.66	104.45							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
151	84.01	74.04	28	97.01	11.60	12.0	73.82	120.20	95.23
152	91.49	80.34							
153	88.33	84.01							
154	96.61	84.90							
155	103.87	85.67							
156	97.00	85.92							
157	97.66	87.80							
158	102.80	88.33							
159	100.41	91.49							
160	97.28	92.91							
161	113.68	93.72							
162	96.24	93.91							
163	116.17	95.75							
164	120.70	96.24							
165	106.58	96.61							
166	121.49	96.71							
167	96.71	97.00							
168	80.34	97.18							
169	93.91	97.28							
170	95.75	97.66							
171	110.14	100.41							
172	87.80	102.80							
173	92.91	103.87							
174	85.92	106.58							
175	84.90	110.14							
176	93.72	113.68							
177	74.04	116.17							
178	97.18	120.70							
179	85.67	121.49							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
180	128.01	85.42	60	132.43	25.72	19.4	80.99	183.87	132.43
181	151.87	89.97							
182	134.57	102.82							
183	123.02	121.71							
184	85.42	123.02							
185	162.64	127.01							
198	102.82	127.76							
199	159.49	128.01							
200	121.71	133.91							
201	89.97	134.05							
202	127.76	134.57							
203	177.01	151.87							
204	133.91	159.49							
205	127.01	159.65							
206	134.05	162.64							
207	159.65	177.01							

RESISTENCIA A LA COMPRESION



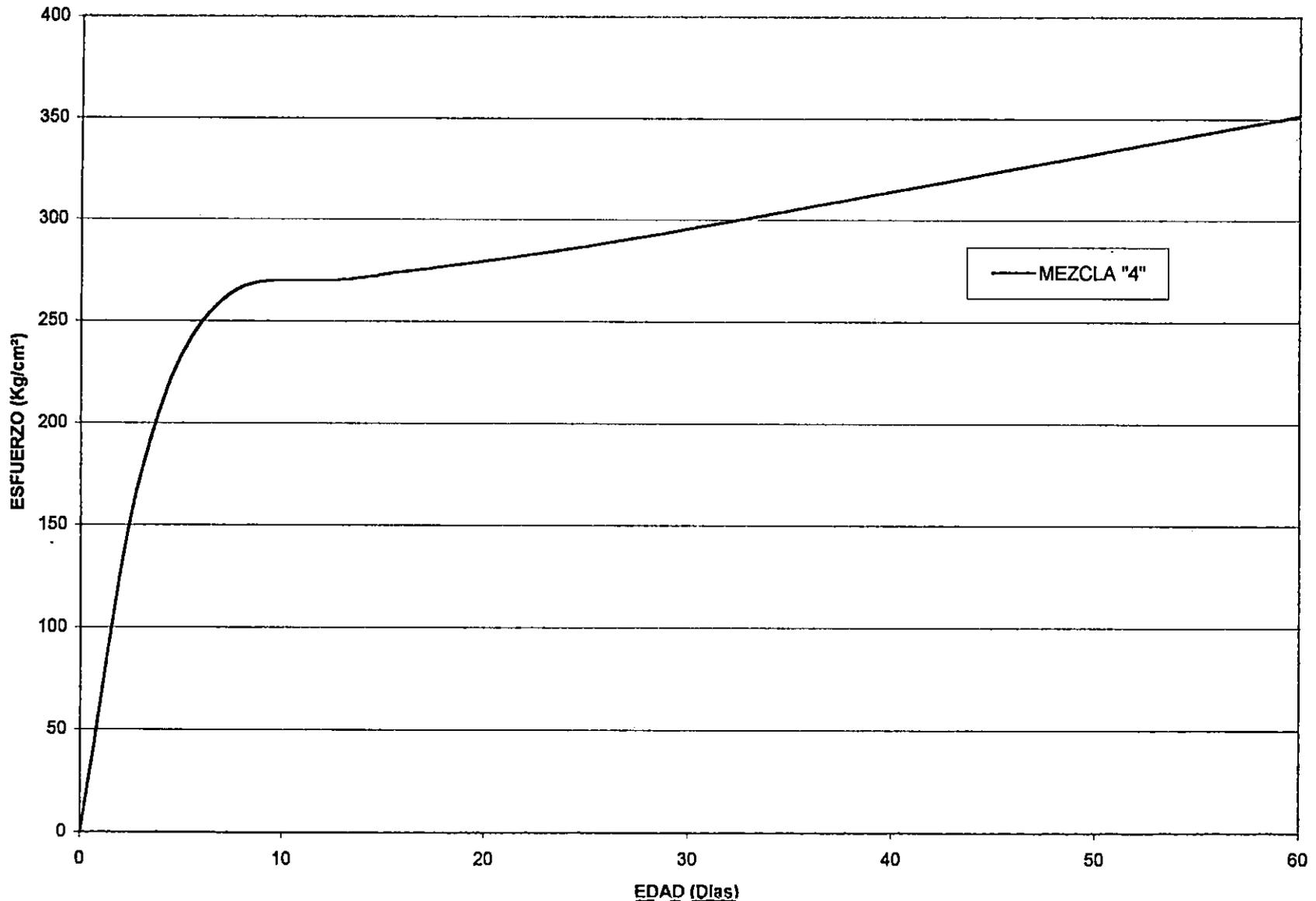
ANALISIS ESTADISTICO

COMBINACION: AGUA+CEMENTO (CESSA 5000)+ADITIVO (FLOWCABLE)
RELACION A/C=0.45

MEZCAL "4"

MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
487	188.76	149.51	3	175.4	19.5	11.1	136.5	214.3	175.4
488	149.51	149.80							
489	149.80	152.17							
490	159.17	156.00							
491	156.00	159.17							
492	176.51	162.43							
493	184.19	168.56							
494	152.17	169.60							
495	188.26	174.03							
496	162.43	174.99							
497	168.56	176.51							
498	181.61	181.61							
499	174.99	184.19							
500	197.09	188.26							
501	212.00	188.76							
502	212.96	197.09							
503	174.03	212.00							
504	169.60	212.96							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
544	223.87	213.29	7.0	260.4	31.0	11.9	198.5	322.3	260.4
545	314.58	223.87							
546	269.66	228.49							
547	319.06	229.81							
548	229.81	235.45							
549	235.45	237.91							
550	263.15	245.10							
551	284.29	245.10							
552	286.26	249.45							
553	279.02	263.15							
554	289.99	269.66							
555	237.91	272.44							
556	245.10	279.02							
557	213.29	284.29							
558	245.10	286.26							
559	228.49	289.99							
479	249.45	314.58							
480	272.44	319.06							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
463	208.47	204.93	14	271.59	48.54	17.9	174.50	368.67	271.59
464	346.81	208.47							
465	227.75	226.24							
466	356.96	227.75							
467	299.86	231.63							
468	295.31	238.99							
469	239.93	239.93							
470	238.99	258.70							
471	313.18	283.80							
472	283.80	290.61							
473	322.21	295.31							
474	258.70	299.86							
475	231.63	313.18							

RESISTENCIA A LA COMPRESION



ANALISIS ESTADISTICO

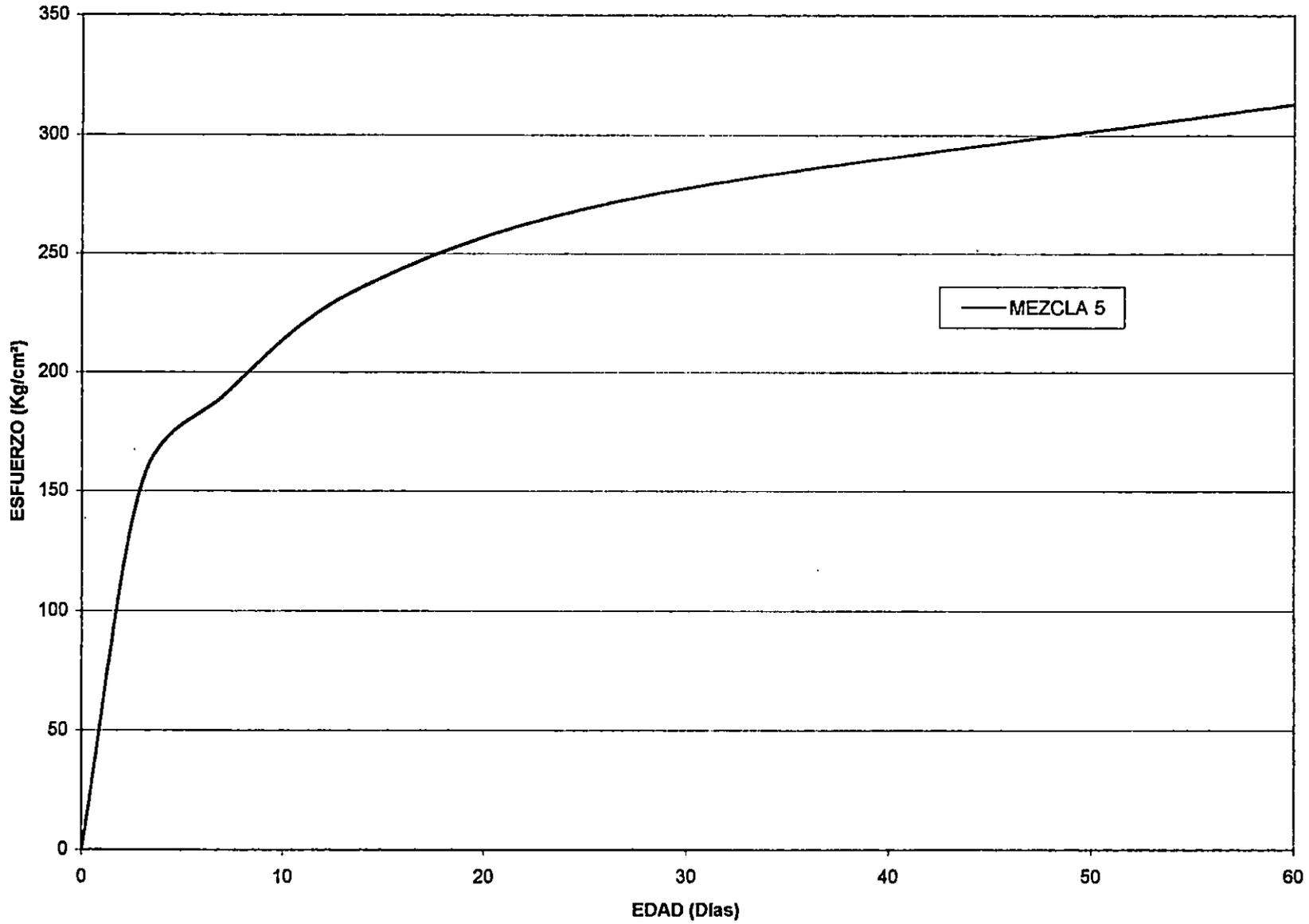
COMBINACION: AGUA+CEMENTO (CESSA 5000)+ADITIVO (FLOWCABLE)
RELACION A/C=0.50

MEZCLA "5"

MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
370	164.69	125.51	3	157.2	23.4	14.9	110.5	204.0	154.0
371	142.81	127.88							
372	173.86	130.96							
373	127.88	131.75							
374	212.63	139.23							
375	145.35	142.81							
376	125.51	145.35							
377	131.75	147.52							
378	161.20	161.20							
379	147.52	162.12							
380	193.00	163.73							
381	162.12	164.69							
382	177.90	164.99							
383	163.73	165.01							
384	139.23	173.86							
385	130.96	177.90							
386	164.99	193.00							
387	165.01	212.63							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
ICF	231.59	115.57	7.0	185.8	28.5	15.4	128.7	242.8	189.9
2CF	216.15	154.77							
3CF	212.71	158.13							
388	115.57	160.50							
389	162.11	162.11							
390	160.50	173.69							
391	220.01	177.55							
392	207.61	185.27							
393	158.13	187.65							
394	154.77	191.86							
395	185.27	192.62							
396	187.65	197.18							
397	191.86	198.75							
398	197.18	207.61							
399	192.62	212.71							
400	198.75	216.15							
401	177.55	220.01							
402	173.69	231.59							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
403	195.31	106.49	14	235.76	57.23	24.3	121.31	350.21	236.12
404	281.77	161.06							
405	270.20	163.04							
406	231.13	195.31							
407	359.29	196.08							
408	261.70	214.88							
409	277.41	231.13							
410	214.88	232.51							
411	242.22	242.22							
412	246.53	246.53							
413	260.52	260.52							
414	278.09	261.70							
415	265.46	265.46							

416	232.51	270.20							
417	196.08	277.41							
418	106.49	278.09							
419	161.06	281.77							
420	163.04	359.29							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
4CF	169.50	169.50	28	270.91	41.73	15.4	187.45	354.37	274.41
5CF	258.11	211.72							
6CF	231.59	219.35							
421	219.35	221.31							
422	314.57	231.59							
423	257.72	232.42							
424	243.95	237.63							
425	301.82	238.52							
426	326.06	243.95							
427	238.52	250.70							
428	297.84	255.39							
429	306.27	255.89							
430	250.70	257.72							
431	314.59	258.11							
432	314.93	263.05							
433	293.54	265.27							
434	337.43	268.23							
435	265.27	281.45							
436	237.63	293.54							
437	211.72	297.84							
438	263.05	301.24							
439	221.31	301.82							
440	301.24	306.27							
441	255.89	314.57							
442	268.23	314.59							
443	232.42	314.93							
444	255.39	326.06							
445	326.65	326.65							
446	330.62	330.62							
447	281.45	337.43							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
448	269.21	259.50	60	318.13	37.95	11.9	242.24	394.02	313.29
449	335.17	269.21							
450	372.70	275.78							
451	290.30	290.30							
452	300.16	293.35							
453	293.35	300.16							
454	275.78	313.34							
455	259.50	314.59							
456	338.16	320.32							
457	314.59	335.17							
458	320.32	338.16							
459	385.77	340.09							
460	363.45	363.45							
461	340.09	372.70							
462	313.34	385.77							

GRAFICO RESISTENCIA A LA COMPRESION



ANALISIS ESTADISTICO

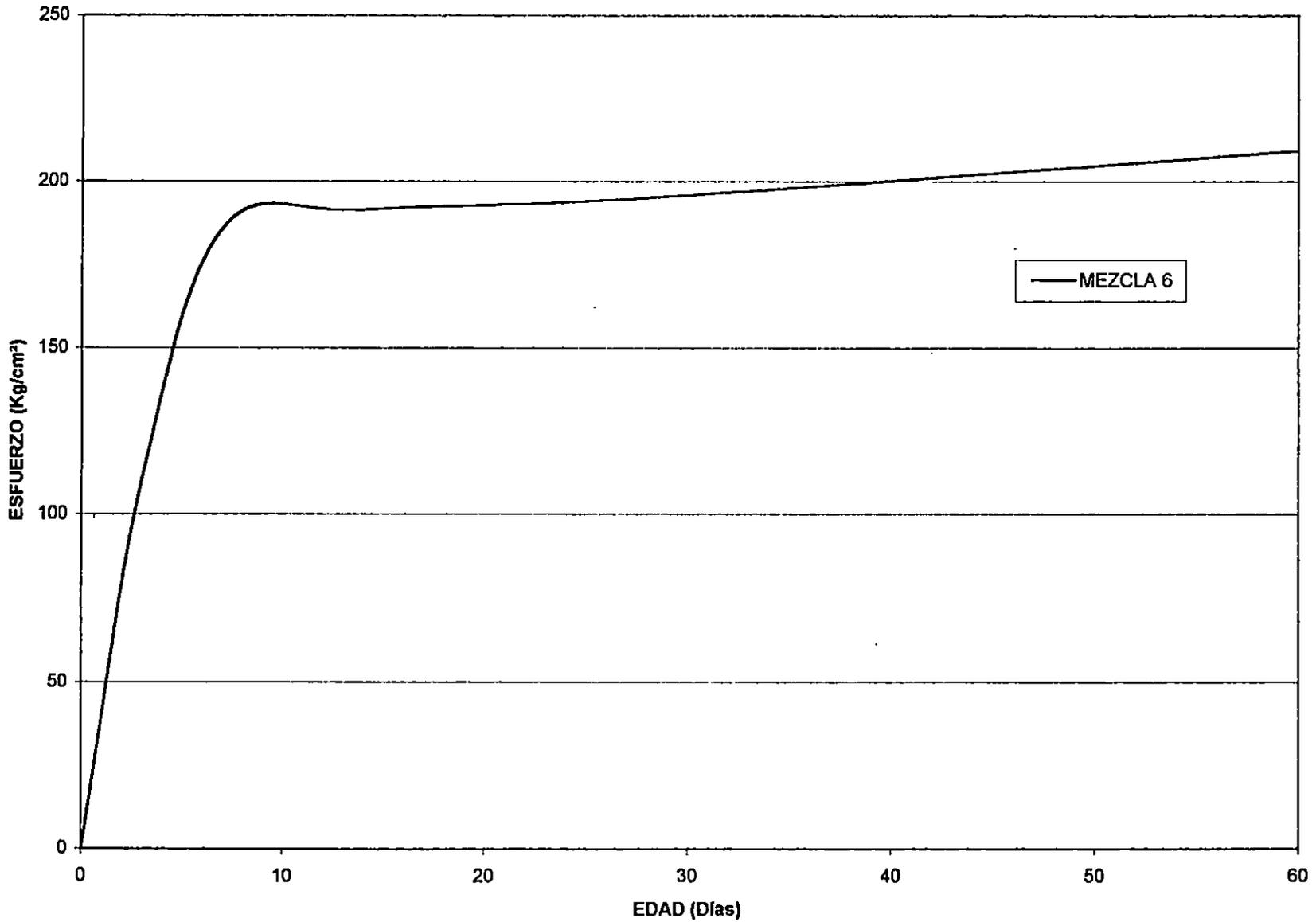
COMBINACION: AGUA+CEMENTO (CESSA 5000)+ADITIVO (FLOWCABLE)
RELACION A/C=0.55

MEZCLA "6"

MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
841	192.60	116.48	3	156.4	21.1	13.5	114.2	198.6	156.4
842	169.07	128.81							
843	163.52	133.45							
844	133.45	136.54							
845	167.99	142.31							
846	173.09	142.79							
847	185.06	157.09							
848	142.79	158.98							
849	170.38	163.52							
850	158.98	164.18							
851	136.54	167.99							
852	164.18	169.07							
853	157.09	170.38							
854	116.48	173.09							
855	128.81	185.06							
856	142.31	192.60							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
791	177.23	135.49	7.0	185.8	30.1	16.2	125.7	246.0	185.8
792	231.06	147.31							
793	176.02	152.73							
794	152.73	161.10							
795	179.73	163.03							
796	135.49	166.70							
797	147.31	176.02							
798	182.42	177.23							
799	199.23	179.73							
800	163.03	182.42							
801	196.66	187.16							
802	161.10	196.66							
803	166.70	199.23							
804	199.92	199.92							
805	227.18	221.07							
806	241.15	227.18							
807	187.16	231.06							
808	221.07	241.15							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
809	141.85	113.45	14	187.08	31.55	16.9	123.98	250.18	191.41
810	223.01	141.85							
811	217.60	153.35							
812	205.78	158.30							
813	113.45	163.48							
814	217.21	169.50							
815	158.30	181.31							
816	153.35	184.79							
817	201.82	194.98							
818	181.31	197.35							
819	197.35	201.82							
820	194.98	204.91							
821	169.50	205.78							
822	231.97	206.74							
823	184.79	217.21							

824	163.48	217.60							
857	204.91	223.01							
858	206.74	231.97							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (dias)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
775	251.03	134.54	28	203.41	61.83	30.4	79.76	327.07	195.02
776	307.17	142.94							
777	159.50	145.07							
778	134.54	152.59							
779	182.38	152.89							
780	175.23	155.55							
781	152.89	159.50							
782	145.07	166.38							
783	188.98	171.96							
784	173.56	173.56							
785	202.61	175.23							
786	446.86	177.95							
787	248.18	182.38							
788	273.47	182.63							
789	205.55	185.22							
790	239.41	188.98							
859	185.22	192.00							
860	226.86	199.08							
861	142.94	202.31							
862	208.51	202.61							
863	192.00	205.55							
864	202.31	208.51							
865	166.38	226.86							
866	177.95	239.41							
867	171.96	248.18							
868	155.55	251.03							
869	152.59	251.97							
870	251.97	273.47							
871	199.08	307.17							
872	182.63	446.86							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (dias)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
825	329.76	133.34	60	209.18	84.02	40.2	41.13	377.23	209.18
826	181.35	137.69							
827	172.69	138.97							
828	165.21	139.08							
829	175.72	141.12							
830	139.08	157.63							
831	133.34	165.21							
832	306.73	170.93							
833	339.72	172.69							
834	357.89	175.72							
835	299.03	181.35							
836	170.93	299.03							
837	137.69	306.73							
838	141.12	329.76							
839	138.97	339.72							
840	157.63	357.89							

GRAFICO RESISTENCIA A LA COMPRESION



ANALISIS ESTADISTICO

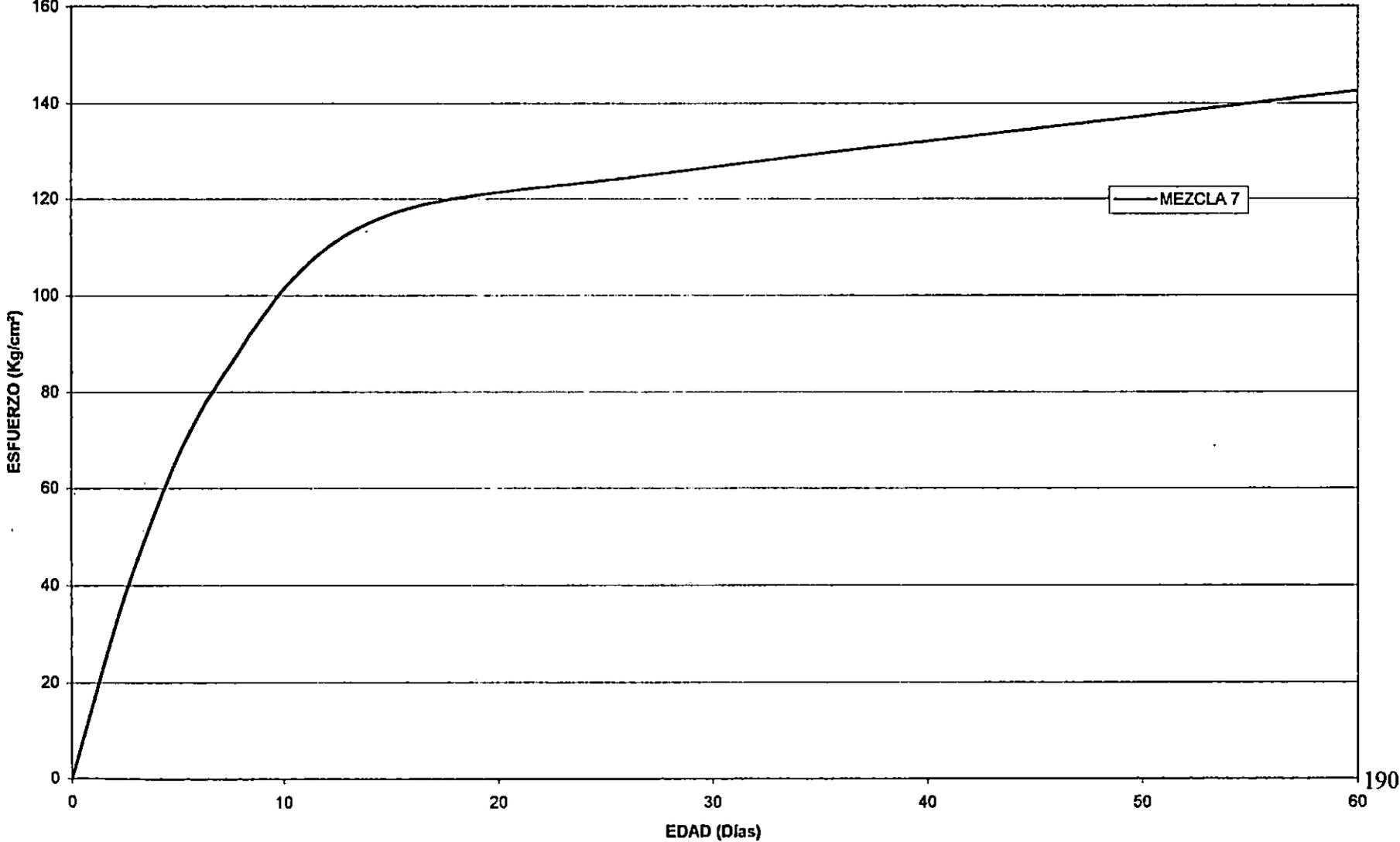
COMBINACION: AGUA+CEMENTO (CESSA 5000)+HRWR+ALUMINIO EN POLVO+MICROSILICA
RELACION A/C=0.45

MEZCLA 7

MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
594	37.93	27.84	3	46.4	15.5	33.5	15.4	77.5	44.3
595	41.96	29.53							
596	34.67	31.61							
597	27.84	32.49							
598	29.53	34.67							
599	39.14	37.93							
600	31.61	39.14							
601	32.49	41.23							
602	83.48	41.23							
603	65.88	41.96							
604	69.75	42.29							
605	41.23	48.15							
606	42.29	48.59							
607	56.12	56.12							
608	48.59	63.94							
609	41.23	65.88							
610	63.94	69.75							
611	48.15	83.48							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
612	68.56	52.50	7.0	86.8	32.2	37.2	22.3	151.3	82.7
613	92.33	55.74							
614	119.39	56.53							
615	108.60	58.24							
616	56.53	58.57							
617	73.86	68.56							
618	100.70	69.73							
619	55.74	73.86							
620	106.45	78.25							
621	92.98	89.70							
622	93.86	92.33							
623	78.25	92.98							
624	69.73	93.86							
625	52.50	100.70							
626	89.70	106.45							
627	58.57	108.60							
628	58.24	119.39							
629	186.30	186.30							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
630	100.93	76.01	14	115.01	29.30	25.5	56.41	173.62	115.01
631	155.76	81.06							
632	124.73	85.50							
633	144.95	89.47							
634	131.70	89.55							
635	89.47	95.39							
636	85.50	100.93							
637	76.01	124.73							
638	143.82	131.70							
639	138.78	138.78							
640	89.55	143.82							
641	152.55	144.95							
642	95.39	152.55							

MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
643	81.06	155.76	28	125.53	38.62	30.8	48.30	202.77	125.53
644	161.50	62.66							
645	91.00	64.35							
646	173.60	64.98							
647	143.65	70.58							
648	145.91	78.42							
649	150.85	88.23							
650	161.87	89.44							
651	155.15	91.00							
652	78.42	92.29							
653	92.29	95.50							
654	89.44	96.31							
655	174.62	97.64							
656	185.58	128.70							
657	135.17	134.98							
658	163.13	135.17							
659	64.98	138.73							
660	64.35	143.65							
661	70.58	144.95							
662	138.73	145.88							
663	175.41	145.91							
664	145.88	150.85							
665	154.85	154.85							
666	134.98	155.15							
667	128.70	161.50							
668	62.66	161.87							
669	95.50	163.13							
670	96.31	173.60							
671	97.64	174.62							
672	88.23	175.41							
673	144.95	185.58							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
578	40.77	40.77	60	142.54	53.14	37.3	36.26	248.82	142.54
579	78.32	69.51							
580	85.00	75.63							
581	165.96	78.32							
582	186.91	85.00							
583	186.03	137.64							
584	194.17	160.17							
585	192.58	165.96							
586	179.92	169.23							
587	137.64	176.35							
588	169.23	179.92							
589	160.17	182.45							
590	182.45	186.03							
591	176.35	186.91							
592	69.51	192.58							
593	75.63	194.17							

RESISTENCIA A LA COMPRESION



ANALISIS ESTADISTICO

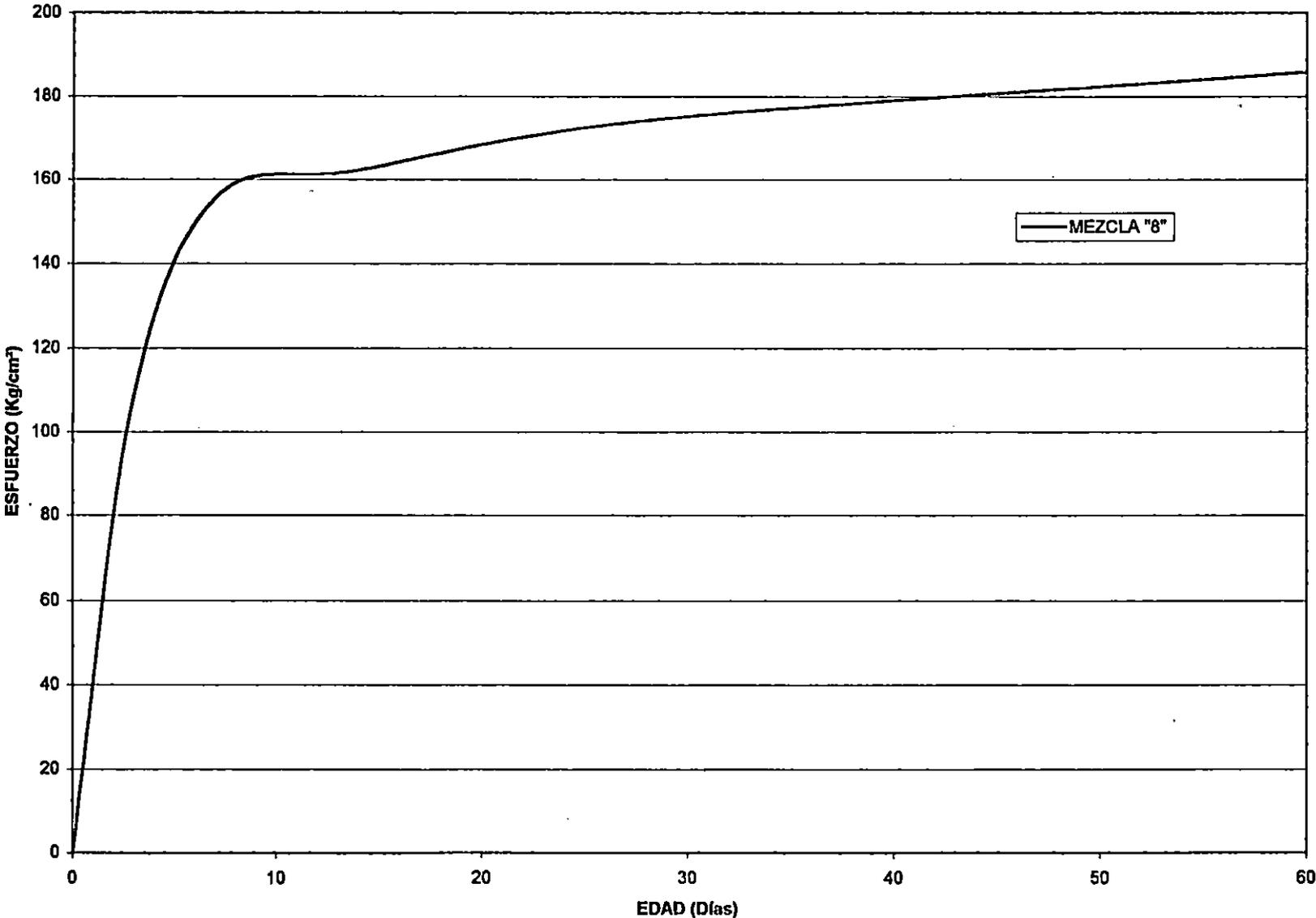
COMBINACION: AGUA+CEMENTO (CESSA 5000)+HRWR+ALUMINIO EN POLVO+MICROSILICA+ARENA
RELACION A/C=0.45

MEZCLA "8"

MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
675	113.75	75.03	3	107.2	14.4	13.4	78.5	136.0	109.1
676	113.01	82.73							
677	109.98	89.90							
678	117.47	90.82							
679	115.78	99.91							
680	127.46	103.82							
681	89.90	109.60							
682	99.91	109.98							
683	109.60	110.19							
684	90.82	112.42							
685	112.42	113.01							
686	75.03	113.08							
687	118.43	113.75							
688	126.49	115.78							
689	103.82	117.47							
690	113.08	118.43							
691	82.73	126.49							
692	110.19	127.46							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
709	146.60	119.47	7.0	153.7	15.8	10.3	122.1	185.4	155.8
710	130.76	130.76							
711	177.69	141.68							
712	173.76	142.24							
713	119.47	142.80							
714	142.80	146.60							
715	155.27	146.89							
716	151.92	151.92							
717	142.24	153.39							
718	156.43	155.27							
719	146.89	156.19							
720	156.19	156.43							
721	153.39	156.93							
722	165.16	165.16							
723	141.68	171.77							
724	178.38	173.76							
725	171.77	177.69							
726	156.93	178.38							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
727	160.52	133.80	14	162.32	16.81	10.4	128.70	195.94	162.32
728	161.79	141.05							
729	185.21	141.97							
730	184.01	143.08							
731	188.82	143.37							
732	180.50	157.43							
733	143.08	159.63							
734	161.15	160.52							
735	157.43	161.15							
736	171.85	161.55							
737	133.80	161.79							

738	170.49	170.49							
739	159.63	171.85							
740	175.47	175.47							
741	141.97	180.50							
742	161.55	184.01							
743	141.05	185.21							
744	143.37	188.82							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
745	177.64	125.22	28	175.21	22.02	12.6	131.17	219.25	174.32
746	164.09	141.36							
747	176.86	153.35							
748	164.71	157.92							
749	214.92	158.05							
750	250.20	158.65							
751	169.12	164.09							
752	141.36	164.71							
753	125.22	165.72							
754	199.10	168.52							
755	180.25	169.12							
756	170.64	170.24							
757	158.05	170.64							
758	177.95	171.18							
759	185.37	171.48							
760	165.72	171.82							
761	189.93	176.86							
762	171.48	177.64							
763	185.54	177.95							
764	187.10	180.25							
765	170.24	181.57							
766	153.35	182.10							
767	158.65	185.37							
768	168.52	185.54							
769	181.57	185.70							
770	157.92	187.10							
771	182.10	189.93							
772	171.18	199.10							
773	185.70	214.92							
774	171.82	250.20							
MUESTRA No.	ESFUERZO Kg/cm ²	DATOS ORDENADOS	EDAD (días)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEF. VAR.	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PROMEDIO
693	154.62	121.03	60	181.88	26.93	14.8	128.03	235.74	185.94
694	208.94	149.80							
695	207.71	154.62							
696	149.80	161.95							
697	211.93	173.42							
698	197.65	173.86							
699	215.17	174.02							
700	210.17	175.71							
701	161.95	175.78							
702	173.86	197.65							
703	121.03	198.38							
704	175.71	207.71							
705	175.78	208.94							
706	174.02	210.17							
707	198.38	211.93							
708	173.42	215.17							

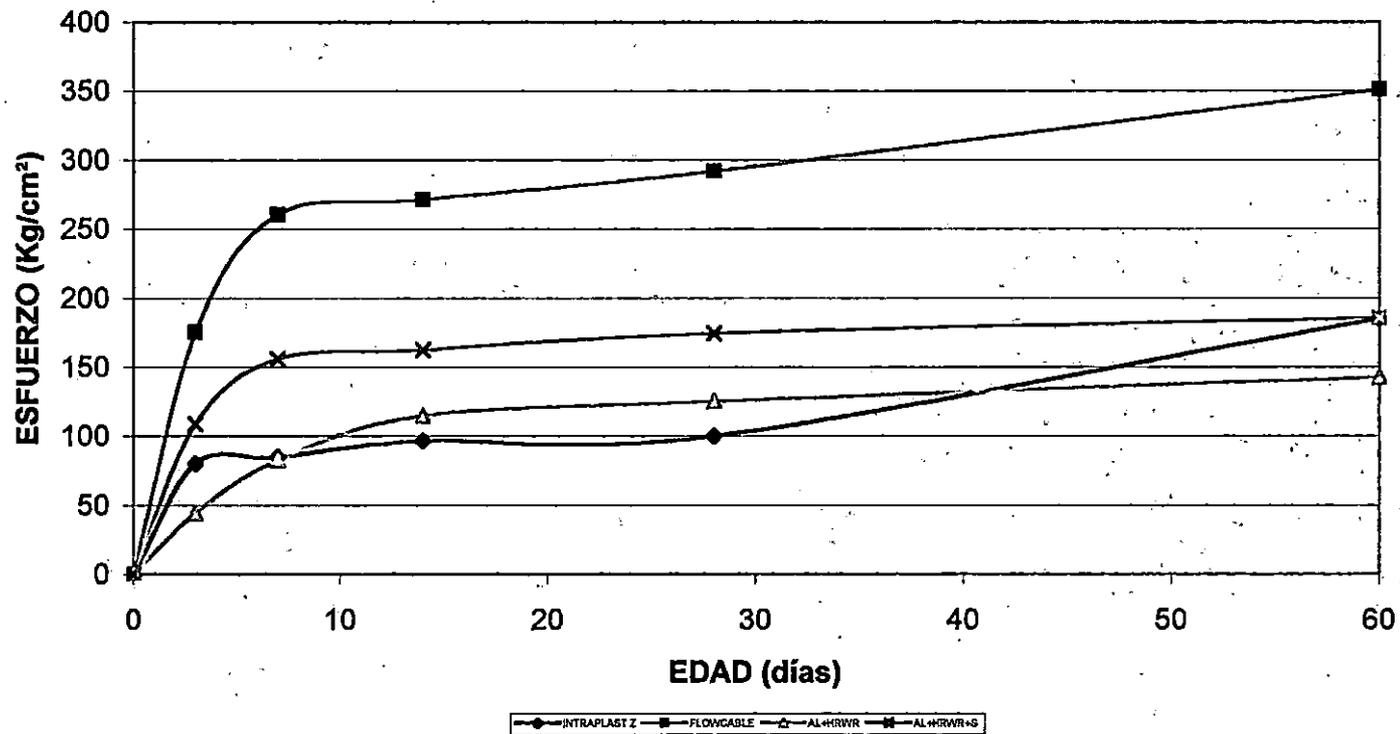
RESISTENCIA A LA COMPRESION



5.5 GRAFICAS COMPARATIVAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MEZCLAS DE LECHADAS

EDAD (días)	RELACION A/C	CEMENTO	ESFUERZO (Kg/cm ²)			
			Intraplast Z	FlowCable	Al+HRWR	Al+HRWR+S
0	0.45	TIPO I	0	0	0	0
3	0.45	TIPO I	80.05	175.4	44.3	109.1
7	0.45	TIPO I	85.1	260.4	82.7	155.8
14	0.45	TIPO I	96.73	271.59	115.01	162.32
28	0.45	TIPO I	100.01	292.27	125.53	174.32
60	0.45	TIPO I	185.19	351.39	142.54	185.94

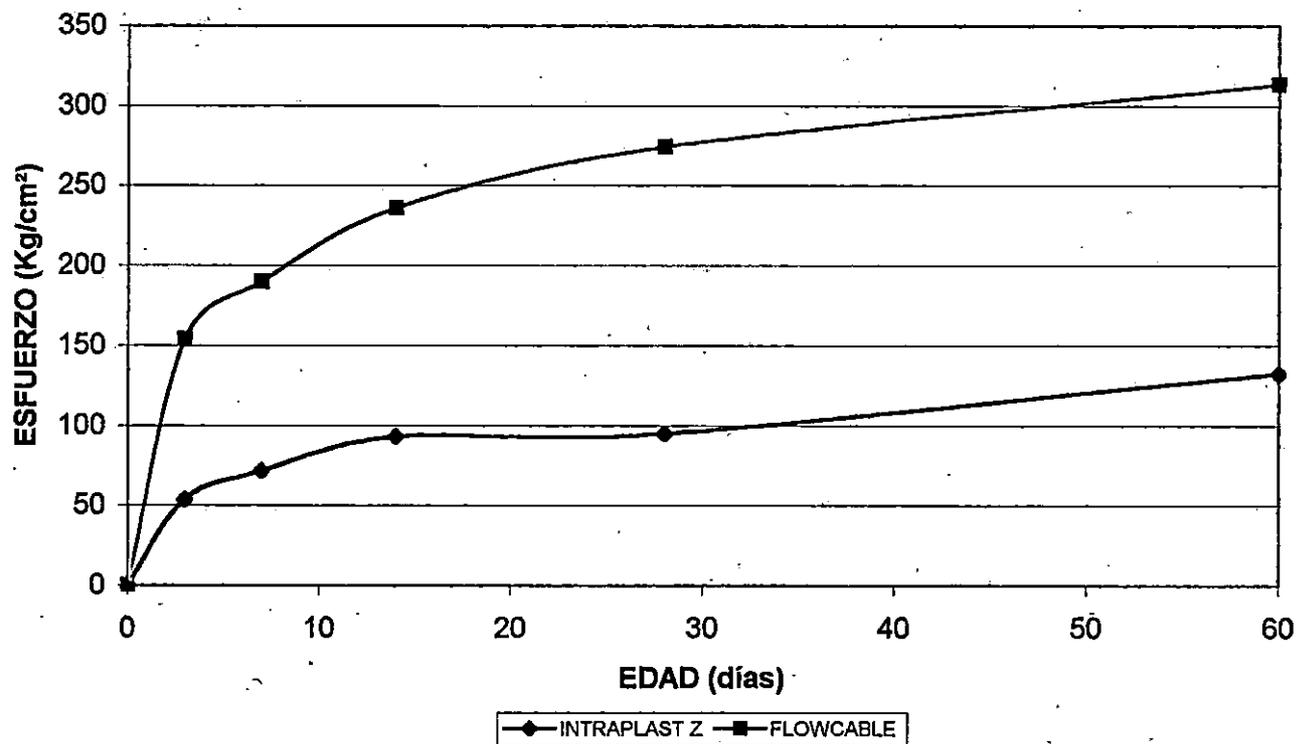
GRAFICO COMPARACION DE MEZCLAS DE LECHADA



COMPARACION DE MEZCLAS DE LECHADAS

EDAD (días)	RELACION A/C	CEMENTO	ESFUERZO (Kg/cm ²)	
			Intraplast Z	FlowCable
0	0.50	TIPO I	0	0
3	0.50	TIPO I	53.8	153.97
7	0.50	TIPO I	71.6	189.89
14	0.50	TIPO I	93.01	236.12
28	0.50	TIPO I	95.23	274.41
60	0.50	TIPO I	132.43	313.29

GRAFICO COMPARACION DE MEZCLAS DE LECHADA



PHYSICAL PROPERTIES OF POLYMER

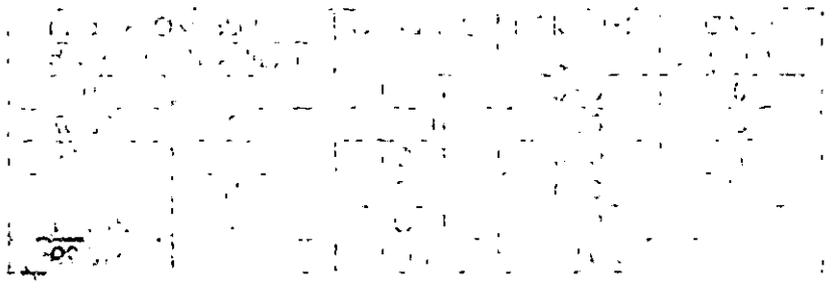
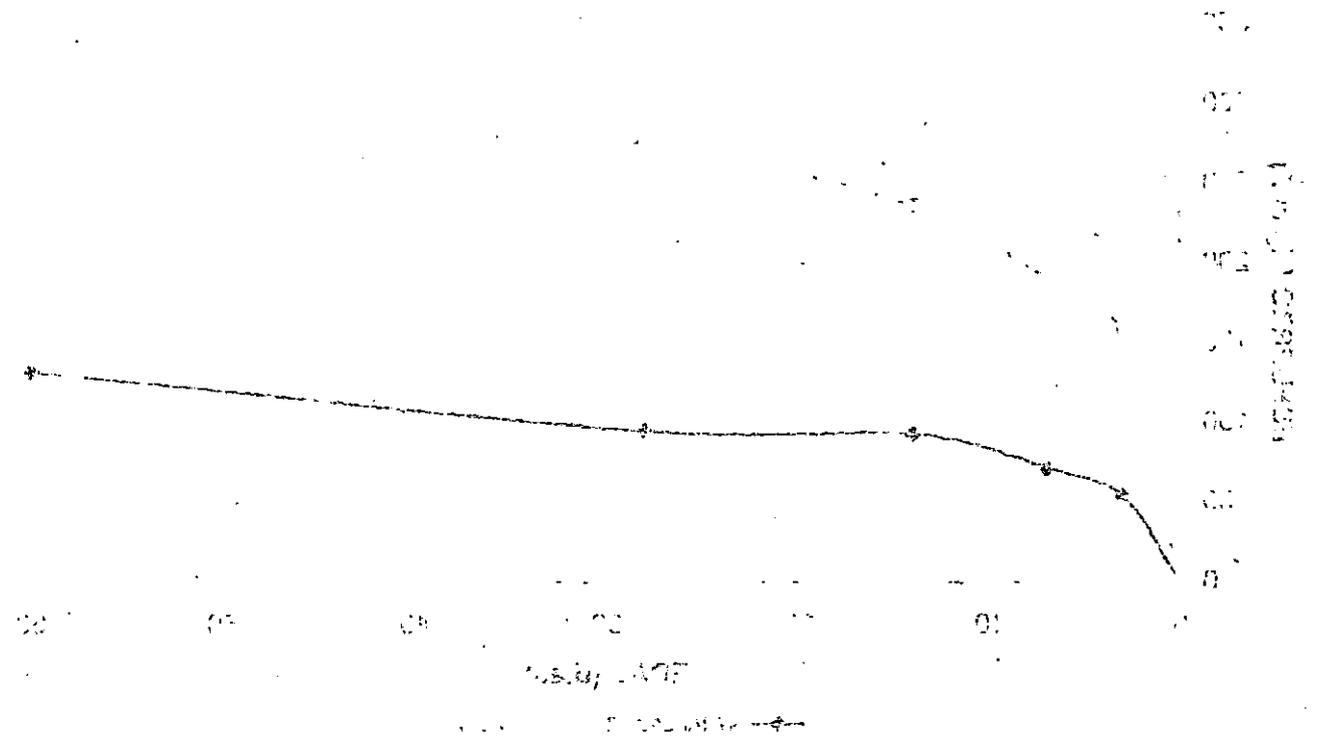


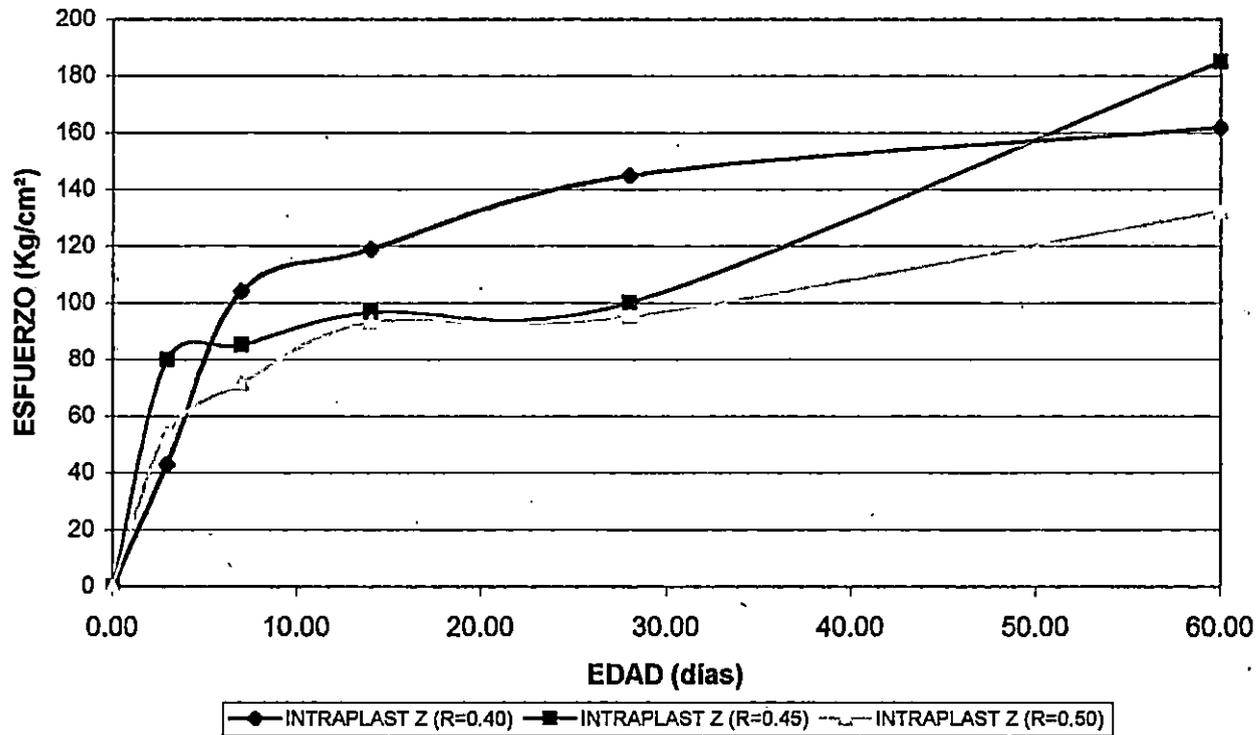
Fig. 1. Schematic diagram of polymer chain structure.

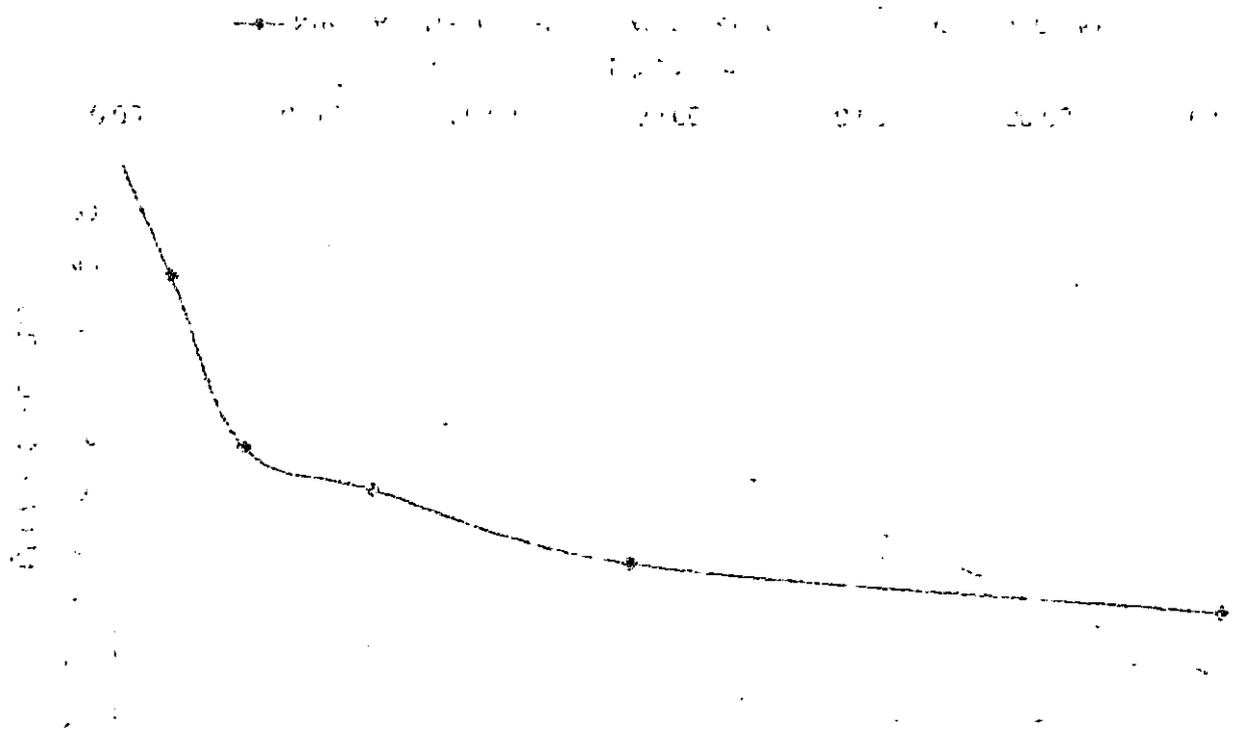


COMPARACION DE MEZCLAS DE LECHADAS

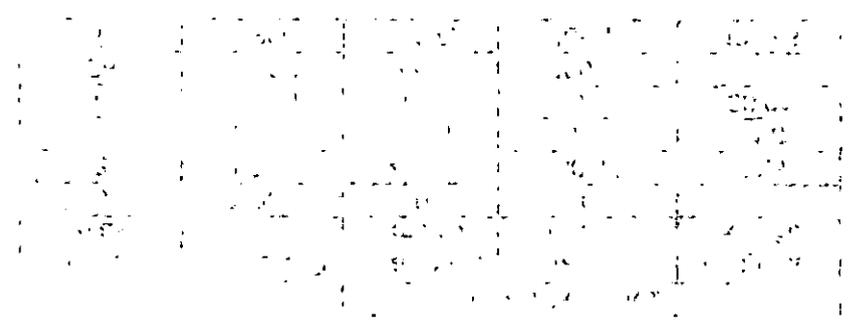
EDAD (días)	CEMENTO	ESFUERZO (Kg/cm ²)		
		Intraplast Z R=0.40	Intraplast Z R=0.45	Intraplast Z R=0.50
0	TIPO I	0	0	0
3	TIPO I	43.10	80.05	53.8
7	TIPO I	104.1	85.1	71.6
14	TIPO I	118.95	96.73	93.01
28	TIPO I	144.91	100.01	95.23
60	TIPO I	161.77	185.19	132.43

GRAFICO COMPARACION DE MEZCLAS DE LECHADA





EXPLANATION OF THE GRAPH IS GIVEN IN THE ATTACHED FILE

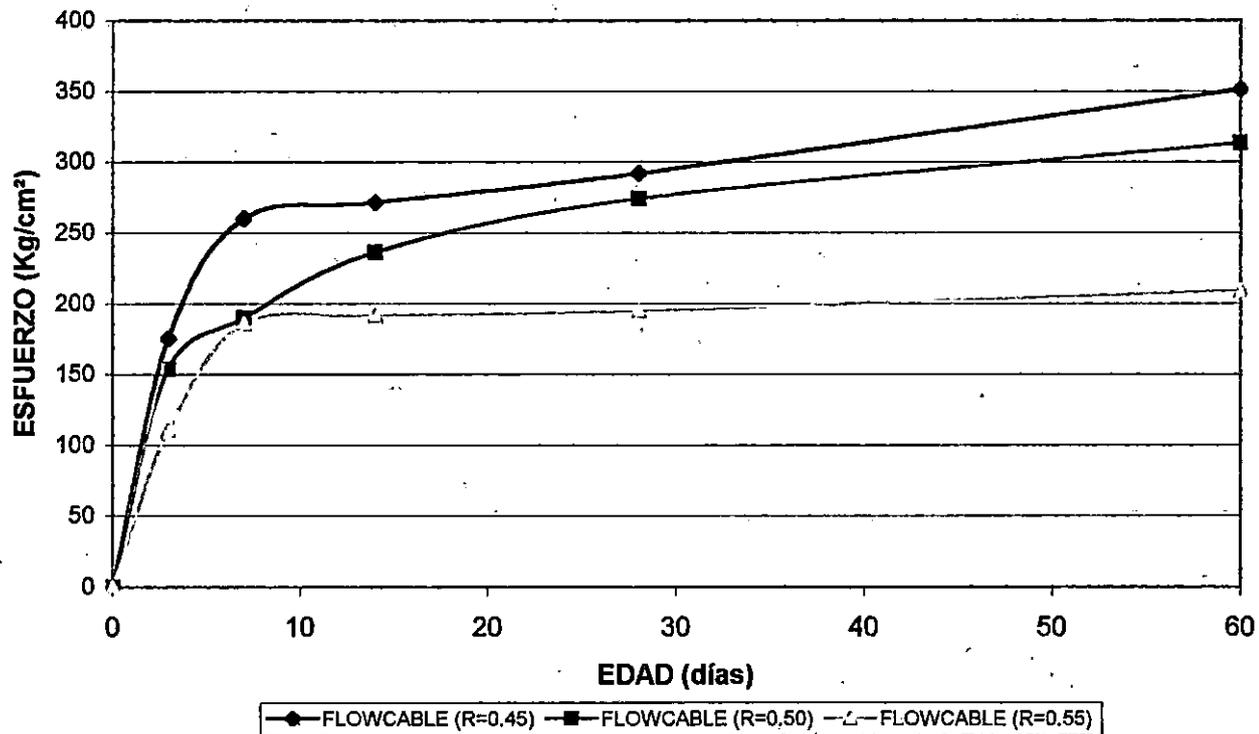


EXPLANATION OF THE DIAGRAM IS GIVEN IN THE ATTACHED FILE

COMPARACION DE MEZCLAS DE LECHADAS

EDAD (días)	CEMENTO	ESFUERZO (Kg/cm ²)		
		FlowCable R=0.45	FlowCable R=0.50	FlowCable R=0.55
0	TIPO I	0	0	0
3	TIPO I	175.43	153.97	110.50
7	TIPO I	260.38	189.89	185.84
14	TIPO I	271.59	236.12	191.41
28	TIPO I	292.27	274.41	195.02
60	TIPO I	351.39	313.29	209.18

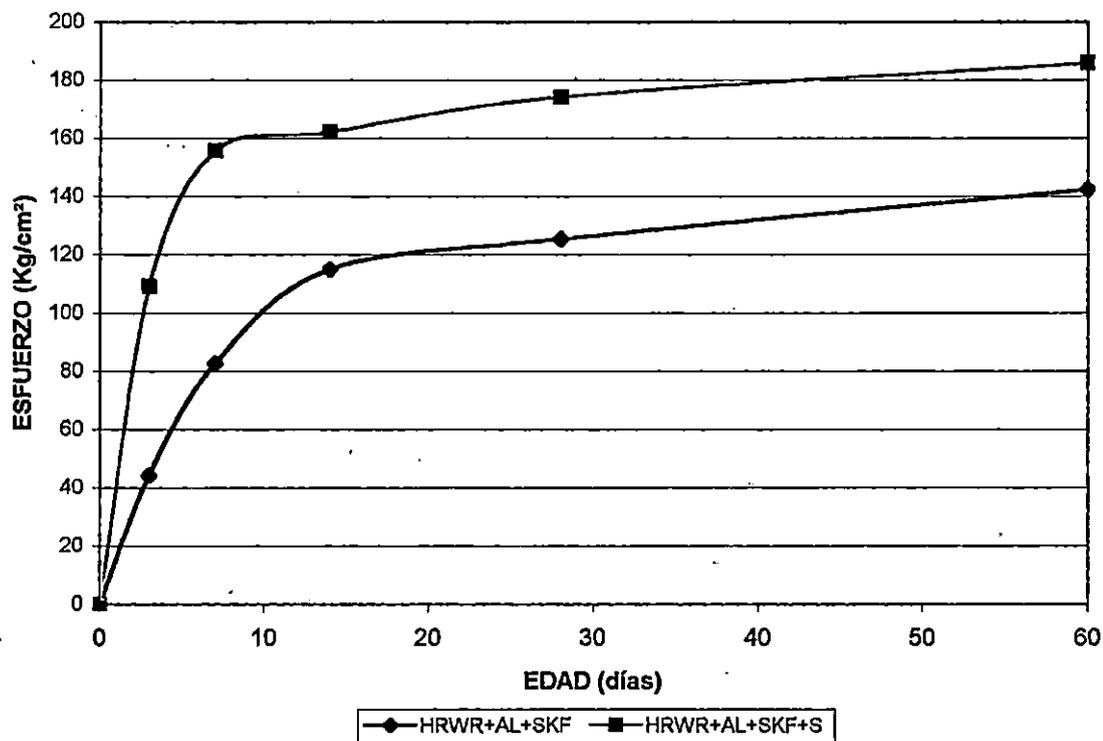
GRAFICO COMPARACION DE MEZCLAS DE LECHADA



COMPARACION DE MEZCLAS DE LECHADAS

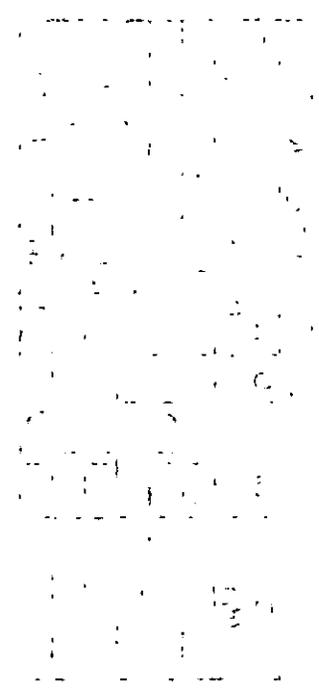
EDAD (días)	CEMENTO	ESFUERZO (Kg/cm ²)	
		AL+HRWR R=0.45	AL+HRWR+S R=0.45
0	TIPO I	0	0
3	TIPO I	44.3	109.1
7	TIPO I	82.7	155.8
14	TIPO I	115.01	162.32
28	TIPO I	125.53	174.32
60	TIPO I	142.54	185.94

GRAFICO COMPARACION DE MEZCLAS DE LECHADA





Vertical axis: Y-axis



Horizontal axis: X-axis

GRAFICOS ESFUERZO-RELACION A/C

INTRAPLAST Z

A/C	3 días	7 días	14 días	28 días	60 días
0.4	43.10	104.12	118.95	144.91	161.77
0.45	80.05	85.09	96.73	100.01	185.19
0.5	53.78	71.62	93.01	95.23	132.43

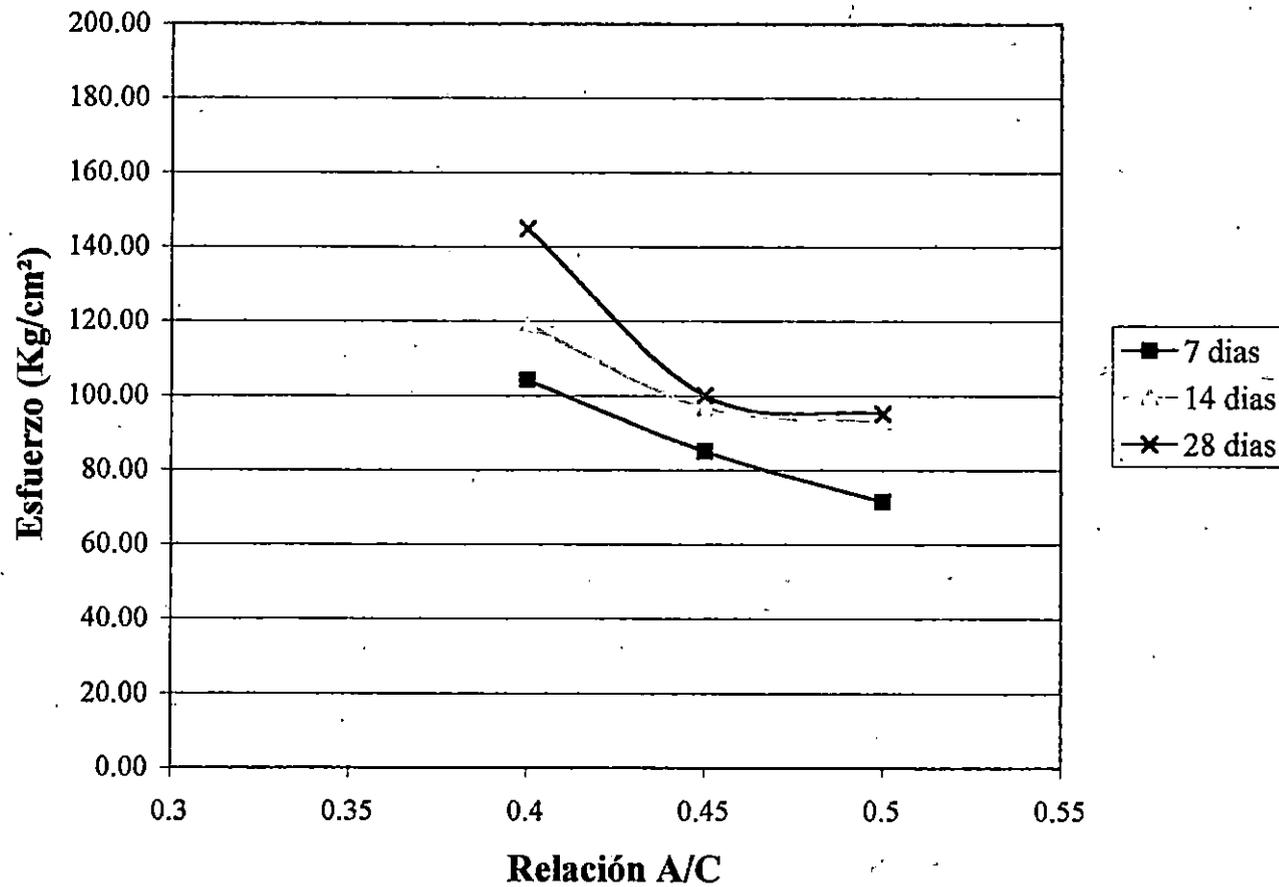


GRAFICO ESFUERZO - RELACION A/C

FLOWCABLE

A/C	3 días	7 días	14 días	28 días	60 días
0.45	175.43	260.38	271.59	292.27	351.39
0.5	153.97	189.89	236.12	274.41	313.29
0.55	156.40	185.84	191.41	195.02	209.18

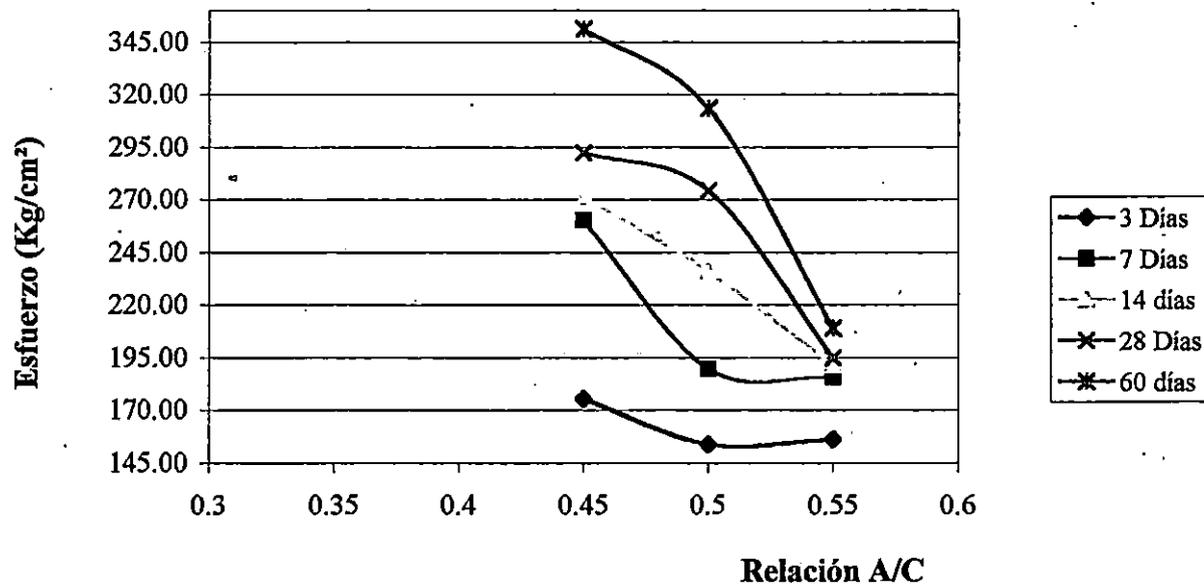
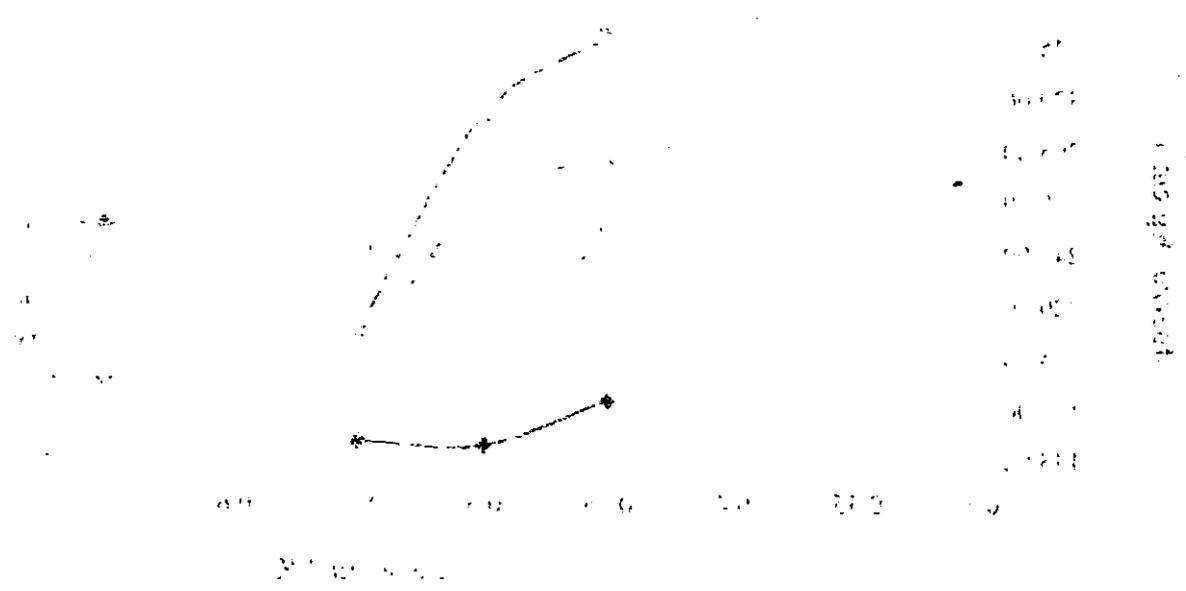


Figure 1. Effect of temperature on the rate of reaction.



CONCLUSIONES

Basados en investigaciones bibliográficas, observaciones, resultados obtenidos de Ensayos de laboratorio practicados a materiales, mezclas en estado fresco y endurecido, se concluye:

1. Para los materiales usados en las diferentes mezclas de lechadas, el aditivo que presenta los mejores resultados tanto en estado fresco como endurecido es el FlowCable; la anterior aseveración se fundamenta en los resultados de los ensayos de fluidez y resistencia a la compresión de especímenes cúbicos ensayados a diferentes edades, lo cual es indicativo de la compatibilidad que existe entre el Flow Cable y el Cemento Portland tipo I.
2. Los componentes de las mezclas a los que se realizaron ensayos fue al Cemento Portland tipo I y la arena, al primero se le practicaron ensayos de ignición, tiempo de fraguado y gravedad específica, habiéndose obtenido resultados que cumplen con lo especificado en la norma ASTM C-150 a la arena se le realizaron ensayos de Granulometría, gravedad específica, contenido de materia orgánica y peso volumétrico suelto, este material cumple en lo relativo a materia orgánica, el resto de parámetros son parcialmente aceptables, no obstante lo anterior no significa que con la arena no se tengan experiencias satisfactorias en la elaboración de concreto.
3. Mediante inspección visual realizada posterior al ensayo de ruptura, se pudo observar que los especímenes elaborados con las proporciones 1, 2, 3, 7 y 8 presentan cantidades considerables de vacíos, en consecuencia presentan menor peso volumétrico, coincidentemente la resistencia a la compresión de estos especímenes, es sustancialmente inferior a la obtenida en las otras

proporciones y a lo especificado por ACI, por lo que se infiere que ambos parámetros están asociados.

4. En las proporciones 1, 2, y 3 se usó como aditivo plastificante y expansor un producto conocido comercialmente como Intraplast Z, estas proporciones tuvieron como característica común la deficiencia de fluidez ante el ensayo con el cono, dado que durante dicho ensayo no se logró establecer la consistencia.
5. En las proporciones 7 y 8 se usó como aditivo expansor polvo de aluminio, en esta mezcla se tomaron medidas tendientes a superar las deficiencias mencionadas en el numeral anterior, por lo que se agregó un aditivo reductor de agua de alto rango (HRWR), teniéndose como resultado una fluidez satisfactoria.
6. En lo referente al ensayo de sedimentación en lechadas, esta prueba fue superada por todas las proporciones ensayadas.
7. En esta investigación el uso de microsilica en lechadas que tienen como componentes únicos agua y cemento, no significó ningún incremento los resultados a la compresión, no obstante lo anterior con incorporación de agregado fino (arena) se muestra un notable crecimiento en este parámetro, quedando la interrogante si el crecimiento es a causa de la arena o a la combinación de ella y microsilica.
8. La fluidez es una propiedad importante de las lechadas en estado fresco, dado que de ellas depende en gran medida el colado exitoso de los ductos, en tal sentido es necesario tener control de esta variable tanto en laboratorio al momento del proporcionamiento como en la obra, para la consecución del

control antes citado. El cono de fluidez se constituye una herramienta sencilla y práctica.

9. La Estadística es una herramienta muy útil en el proceso de depuración de resultados, establecer tendencias, así como para la obtención de datos proyectados, cuando se fijan variables y condiciones de trabajo.
10. De todos los proporcionamientos de lechadas elaborados en esta investigación, únicamente la que cumplió con los requerimientos establecidos por el comité ACI 301, fue la mezcla No. 4, a excepción de su resistencia a la compresión a edad de 28 días. Para dicha mezcla se usó Cemento Portland tipo I con relación agua cemento (A/C) de 0.45 y como aditivo plastificante FlowCable. La resistencia promedio alcanzada por esta fue de 175.4, 260.4, 271.6, 288.5, y 351.4 Kg/cm² para edades de 3, 7, 14, 28, y 60 días respectivamente.
11. Ninguna de la mezclas propuestas en este trabajo de investigación cumplió los requisitos establecidos por normas ASTM o comité ACI para lechadas de Desempeño Normal.

RECOMENDACIONES

Al analizar los resultados obtenidos de la investigación realizada, se dan las siguientes recomendaciones :

1. Al utilizar aditivos expansores en una mezcla de lechada es recomendable emplear un aditivo reductor de agua de alto rango (HRWR) a fin de garantizar que la lechada tenga la fluidez necesaria para ser inyectable, debido a que estos disminuyen en gran medida la fluidez de una lechada.
2. Elaborar suficientes especímenes de prueba para ensayos a compresión, cuando se pretende tratar los resultados estadísticamente.
3. Utilizar un agregado fino hasta un tamaño máximo de No. 2 el cual debe cumplir lo estipulado en la norma ASTM C-404.
4. Cuando se use Microsilica en lechadas se deberá hacer por adición, no por sustitución.
5. Para prueba de fluidez de una lechada debe llevarse a cabo mediante el cono de flujo (norma ASTM C-939), para garantizar la consistencia de la lechada, que es fundamental para llenar todos los vacíos entre el ducto y el cable de preesfuerzo en elementos postensados.

6. Para determinar la resistencia a la compresión a edad temprana, se deben ensayar especímenes a edades tempranas y posteriormente comparar sus resultados con los parámetros establecidos en la norma ASTM C-1107.
7. Para elaborar mezclas de lechadas manteniendo una relación agua-cemento o agua-materiales cementantes, igual o menor a 0.45, debe cumplirse con lo establecido por el comité ACI-301 sección 9.2.2.2.
8. Se recomienda que antes de realizar un trabajo de investigación como este, se debe tener cuidado de la calidad de los materiales a utilizar. En esta investigación se utilizaron diversos aditivos de los cuales el usado en las lechadas 1, 2 y 3 (Intraplast Z) no proporcionó las propiedades requeridas para lechadas de alto desempeño, como lo son la fluidez en estado fresco y la resistencia a la compresión en estado endurecido. Como se puede observar en los datos obtenidos con este aditivo los resultados no cumplen en lo requerido para este tipo de lechadas.
9. Cuando se utilicen adiciones minerales en mezclas de lechadas hacerlo por adición y no por sustitución a fin de garantizar mejores resultados.
10. Continuar la investigación de lechadas de inyección que cumplan con lo establecido en el comité ACI 301.

BIBLIOGRAFIA

- Mezclas de Arcilla –Cemento para Inyección, Asociación Centroamericana del Cemento y Concreto, Ing. Bayardo Selva A., Revista # 3 año 1969 vol. II mes mayo-junio.
- Concreto Presforzado Cap.18 ACI-318-71, Ing. Emilio Puente Cortez, Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos (ASIA), mes octubre 1975
- Recomendaciones para la Inspección del Concreto Presforzado, Benjamín Salvador Valiente, Tesis Universidad de El Salvador, 1967.
- Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Steven H. Kosmatka y William C. Panarese, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1994
- Hormigón, Manuel Fernández Canovas, Editorial Limisa 1998.
- Lechadas Cementantes e Inyección de Lechada, Steven H. Kosmatka, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999.

- Annual Book of ASTM Standards, vol. 04.01 y vol. 04.02 American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1995.

- Probabilidad y Estadística para Ingenieros, R. E. Walpole, R. H. Myers, Editorial McGraw-Hill tercera edición 1985.

- Concreto de Gran Comportamiento: Consideraciones Básicas y Económicas para su Aplicación, Ricardo Cesar Cubias Carcamo, Tesis febrero de 1998.

- Aditivos para Concreto, ACI 212 Instituto del Cemento y el Concreto A.C., Editorial Limusa, Primera Edición México, 1990.

ANEXOS



SikaFume

DESCRIPCION

SikaFume es una adición en polvo, con base en microsíllica, que permite aumentar las resistencias mecánicas y químicas de concretos y morteros endurecidos. Su doble efecto puzolánico y granular, mejora las características de la matriz del concreto o mortero, disminuyendo la porosidad y creando, mediante su reacción con la cal libre, una estructura densa y resistente al ataque de aguas y ambientes agresivos. No contiene cloruros.

USOS

SikaFume es de gran utilidad cuando se requiera:

- Colocar concreto bajo agua
- Reducir la exudación y la segregación del concreto
- Mejorar la aptitud para el bombeo de concretos y morteros
- Elaborar concretos resistentes al ataque de sulfatos
- Dotar al concreto de resistencia al ataque químico de aguas y suelos agresivos
- Reducir la permeabilidad del concreto
- Mejorar la cohesión y la adherencia al soporte de concretos y morteros proyectados

VENTAJAS

SikaFume imparte a la mezcla las siguientes propiedades:

En el concreto fresco

- Evita la segregación, mejora la cohesión y la bombeabilidad de concretos y morteros, en especial cuando se trabaja con diseños de mezcla carentes de finos.
- Reduce el rebote, permite disminuir la cantidad de acelerante y se logran capas de mayor espesor cuando se adiciona a concretos y morteros proyectados.
- Reduce la energía necesaria para bombear concretos y morteros
- Aumenta la adherencia del concreto con el acero de refuerzo

En el concreto endurecido

- Disminuye los picos de temperatura de las mezclas cuando se usa como reemplazo parcial de cemento
- Disminuye la permeabilidad, densifica la matriz de concretos y morteros y aumenta la compacidad
- Reduce la permeabilidad a gases como el CO₂ y el SO₂ que carbonatan y disgregan el concreto
- Disminuye apreciablemente la penetración de aguas con cloruros y otras sales
- Reduce notablemente la expansión de concretos y morteros sometidos a fuerte ataque de sulfatos

MODO DE EMPLEO

SikaFume viene listo para ser empleado. Se adiciona a la mezcla con los agregados o con el cemento. Para garantizar la distribución homogénea de la microsíllica en la mezcla, debe incrementarse el

tiempo de mezclado. Se recomienda el siguiente esquema de mezcla tanto en planta como en la obra:

- Colocar en la mezcladora los agregados
- Adicionar la cantidad de **SikaFume** requerida y mezclar por 1 minuto
- Adicionar el cemento y continuar el mezclado hasta los 2 minutos
- Adicionar el agua de amasado con el superplastificante **Sikament** disuelto en ella en la dosis requerida para lograr la consistencia deseada de la mezcla
- Mezclar por 2 minutos adicionales

Dosificación

SikaFume se dosifica entre el 3 y el 10% del peso del cemento de la mezcla de acuerdo con los resultados deseados. Debido a que la microsilica es una adición en polvo, muy fina, por su gran superficie específica se genera una mayor demanda de agua, para igual consistencia de la mezcla; por lo tanto debe acompañarse **SikaFume** con la dosis adecuada de superplastificante **Sikament**, evitando así elevar la relación agua/cemento.

Se recomienda realizar ensayos previos para determinar el diseño óptimo de la mezcla y las dosis requeridas de adiciones y aditivos.

DATOS TECNICOS

Aspecto:	Polvo fino gris
Contenido de SiO ₂ :	mayor al 95%
Superficie específica:	mayor a 30 m ² /g
Humedad:	3-5% aprox. (Ver Nota)

Nota: la humedad del producto, debido a su altísima superficie específica, puede aumentar, en caso de un inadecuado almacenamiento o de una alta humedad relativa en la zona de trabajo. La normas especifican la humedad sólo en razón a que el producto se utiliza como materia prima para elaborar morteros predosificados, que incorporan cemento, y una alta humedad los haría endurecer.

PRECAUCIONES

SikaFume es una adición de microsilica apta para elaborar concretos de alto desempeño, sin embargo debe prestarse cuidadosa atención a la calidad de los materiales usados en la mezcla.

- La dosis de **SikaFume** debe ser la adecuada frente al tipo de ataque o de acuerdo con el desempeño esperado de la mezcla. Consultar al Departamento Técnico de Sika Andina cuando se requiera orientación sobre el uso del producto en un diseño especial.
- Mezclas con microsilica tienden a perder manejabilidad muy rapido. Prever la utilización de retardadores y superplastificantes en las dosis adecuadas para lograr el tiempo de manejabilidad esperado.
- La elaboración de concreto bombeable requiere una buena distribución granulométrica, contenido adecuado de finos (cemento + adición) y la dosis adecuada de superplastificante, para evitar la segregación de la mezcla .
- Concretos y morteros, a los cuales se les ha adicionado microsilica, deben ser curados con agua por lo menos durante 7 días, ya que se puede presentar microfisuramiento en caso de un defectuoso curado.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Debe utilizarse máscara protectora de las vías respiratorias para su manipulación. No es cáustico, ni corrosivo.

PRESENTACION

Bolsa plástica de 25 kg

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

El tiempo de almacenamiento es de dos (2) años en su empaque original, bien cerrado, bajo techo y protegido de la humedad.

Para el transporte deben observarse las precauciones normales para el manejo de polvos no tóxicos, ni contaminantes.

CODIGOS R / S:

R:

S:

Si necesita información adicional consulte al **Departamento Técnico de Sika Andina S.A.** Servicio al cliente desde cualquier lugar del país **9800-1-7452** y en Santafé de Bogotá al **2926184**.

ADVERTENCIA

Todos nuestros productos han sido desarrollados y fabricados con toda la precaución razonable de acuerdo a normas de exactitud y calidad de SIKA, la información que suministramos es correcta de acuerdo con nuestra experiencia; los productos tal como se venden, cumplen los fines para los cuales han sido fabricados. No obstante no se responde por variación en el método de empleo, condiciones en que sean aplicados, cuando la vigencia del producto esté vencida, o si son utilizados en forma que afecte la salud o, cualquier patente propiedad de otros; para usos especializados o cuando surgan dudas en cuanto al uso o aplicación de un producto, deberá consultarse al Departamento Técnico de SIKA.



Intraplast Z

DESCRIPCION

Intraplast Z es un aditivo en polvo color gris con plastificantes y expansores finamente molidos. No contiene cloruros.

USOS

Se utiliza para aumentar la fluidez y controlar la contracción de las lechadas de cemento en inyecciones de: fisuras, grietas, ductos de cables postensados y en general cualquier tipo de inyección sin contracción de lechadas en: rellenos de suelos descompuestos, rellenos de gravas y rocas fisuradas.

VENTAJAS

Expande la mezcla durante el proceso de fraguado, aumentando la adherencia y disminuyendo la permeabilidad, logrando así una perfecta colmatación de las cavidades y fisuras inyectadas. Plastifica la mezcla aún reduciendo el agua de amasado.

Impide la formación de flóculos al dispersar las partículas de cemento en la suspensión acuosa, lográndose una mejor penetración de las lechadas dentro de las fisuras y cavidades.

Mejora la durabilidad de la lechada.

Estabiliza la mezcla reduciendo la exudación. Retarda ligeramente el fraguado permitiendo inyectar a mayor distancia.

Protege contra la corrosión los cables del postensado.

Se puede usar con otros aditivos reductores de agua cuando se requiera una relación A/C mucho menor.

MODO DE EMPLEO

El Intraplast Z se adiciona en la dosis recomendada al cemento seco y se mezcla hasta obtener un material homogéneo. El cemento así adicionado se usa en la elaboración de lechadas.

Dosificación:

El Intraplast Z se dosifica al 3% del peso del cemento de la mezcla.

PRECAUCIONES

No se debe utilizar Intraplast Z para el anclaje de pernos. La mezcla húmeda que contiene Intraplast Z debe mantenerse en permanente agitación durante el proceso de inyección. La mezcla debe colocarse durante los 30 minutos siguientes a su elaboración en condiciones de temperaturas normales.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Usar guantes de caucho, gafas de protección y respiradores para polvos, en su manipulación. Consultar Hojas de Seguridad del producto.

PRESENTACION

Bolsa: 30 kg.

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Seis (6) meses en sitio fresco y bajo techo, en su empaque original bien cerrado. Apilarlo en grupos verticales de máximo ocho (8) bultos sobre estibas. Transportar en vehículos cerrados, protegidos de la humedad y lluvia.

Si necesita información adicional consulte al **Departamento Técnico de Sika Andina S.A.** Servicio al cliente desde cualquier lugar del país **9800-1-7452** y en Santafé de Bogotá al **2926184**.

ADVERTENCIA

Todos nuestros productos han sido desarrollados y fabricados con toda la precaución razonable de acuerdo a normas de exactitud y calidad de SIKA, la información que suministramos es correcta de acuerdo con nuestra experiencia; los productos tal como se venden, cumplen los fines para los cuales han sido fabricados. No obstante no se responde por variación en el método de empleo, condiciones en que sean aplicados, cuando la vigencia del producto esté vencida, o si son utilizados en forma que afecte la salud o, cualquier patente propiedad de otros; para usos especializados o cuando surgan dudas en cuanto al uso o aplicación de un producto, deberá consultarse al Departamento Técnico de SIKA.



Master Builders
Technologies

FLOWCABLE

A chloride free, powder form admixture for use in the production of grouts to protect post-tensioned cables in prestressed concrete

DESCRIPTION:

Flowcable is a product in powder form. It is added at the rate of about 6% by weight of cement to produce a flowable, pumpable, non-shrink, non-segregating, impermeable grout providing high strength and high bond to steel. The most important property **Flowcable** imparts to filling grout is the protection of cables against corrosion from aggressive agents and against stress corrosion.

The inadequate protection against corrosion offered by normal grouts is due to:

- a) high capillary microporosity due to high water/cement ratio. Using **Flowcable** the water/cement ratio is about 0.3;
- b) high macroporosity caused by bleed water collecting under strands and in the upper part of the sheath. When bleed water evaporates and is reabsorbed by the cement paste, big cavities form thus providing easy access for corroding substances. With **Flowcable** the volume of bleed water is considerably lower: it ranges from 0 to a maximum of 0.2% depending upon the type of cement used;
- c) shrinkage of cement paste and consequent cracking. With normal cement grouts final shrinkage varies from 2000 to 3000 microstrain. **Flowcable** allows not only shrinkage to be eliminated completely, but also slight expansion to occur during setting and hardening.

FEATURES & BENEFITS:

- . **Very high flowability (as measured by the Flow Cone Test) without bleed water or with a very low amount of it.**
- . **High mix water retention.**
- . **Shrinkage compensated**
- . **Initial setting time of more than 3 hours at 30°C.**
- . **High early and ultimate strengths**
- . **High bond to steel**

PERFORMANCE DATA:

Owing to its high flowability, a grout made with cement (94%) and **Flowcable** (6%) assures the complete filling of sheaths, especially among the strands of cables. This ensures maximum protection of steel against corrosion caused by aggressive agents. As this high flowability is obtained with low water/cement ratio, the hardened cement paste is dense, compact, impermeable and, therefore, highly durable. On the other hand, the high cohesion of the fresh mix, together with the freedom from shrinkage, prevents the formation of large cavities which are often responsible for the penetration of aggressive agents.

ESTIMATING DATA:

Approximately 68 litres of highly flowable grout are obtained by mixing 100kg of cement, 6kg of **Flowcable** and 34 litres of water.

MIXING:

Introduce approx. 25 litres of water per 100kg of cement into the mixer.

Start the mixer and first add FLOWCABLE (6% by the weight of cement) and then cement.

Mix for 3 minutes until a plastic and homogeneous mixture is obtained. Add approx. 7 litres of water and mix further for 2 minutes until the grout is flowable and without lumps and the flow cone empties in approx. 20 seconds. If a high speed mixer is used (about 1500 rpm) the total mixing time can be reduced from 5 to 3 minutes. The necessary mixing water by weight of cement and **Flowcable** is approx. 34% but can range from a minimum of 30% to a maximum of 38% depending upon the cement used: finely ground cement usually requires a higher amount of water. The grout thus obtained can generally be pumped for at least 2 hours, unless the cement used shows rapid or false set.

PACKAGING:

Flowcable is supplied in 10kg bags.

SHELF LIFE:

Flowcable can be stored in a sheltered and dry place for 12 months. Do not use product if bag is damaged or has been opened for more than 1 month.

PRECAUTIONS:

The temperature of walls and spaces where the grout is to be pumped should be between 5°C and 40°C for optimum results. If temperature is outside this range, consult your local MBT representative.

Flowcable is a chloride-free product, which is specially important in the case of cables. However, chlorides can be introduced into a mix if brackish water or special types of cement are used. Therefore the use of drinkable water (generally containing less than 40 mg/l of chloride) and chloride-free cements (C1⁻ lower than 0.06[^] by weight of cement) is recommended.

Though all Portland, pozzolanic or slag cements may be employed, the use of G.P. Cement is recommended in cold weather.

Table 1 - Examples of properties of cement pastes containing 6% of Flowcable

Type of cement	Water	Flow-Cone Test			Bleed water (2)	Water Retention (3)	Expansion at 2 days (4)	Setting times at 30°C		Specific Gravity
		(sec)						(%)	(mm/m)	
	% by wgt of cement & Flowcable	0'	30'	1 ^h	(% by volume)	(%)	(mm/m)			
525PTL	34.4	23	33	38	0.13	95.6	450	4:15	4:45	2.030
425PTL(A)	33.6	23	25.5	34	0.03	97.2	700	4:35	5:05	2.020
425PTL(B)	29.6	25	27	38	0.00	95.4	500	3:25	3:45	2.045
425PTL(C)	30.4	25	31	34	0.10	96.0	500	4:15	4:55	2.050
325PTL(A)	28.8	22	23	30	0.10	97.4	750	4:00	4:33	2.080
325PTL(B)	29.6	23	25	33	0.12	94.0	600	3:47	4:15	2.075
325 Pozz.	32.4	24	25	24	0.15	93.7	600	5:00	5:40	2.010
325 Slag	32.0	22	27	28	0.15	92.0	500	5:05	5:55	2.070

(1) Flow-Cone Test (conforming to CRD-C-79) after varying times of continuous mixing

(2) Test conforming to ASTM C 232

(3) Test conforming to ASTM C91; the value was taken after 5 minutes

(4) Test conforming to ASTM C878. No length changes were observed at later times.



Master Builders
Technologies

STATEMENT OF RESPONSIBILITY

The technical information and application advice given in this MBT publication is based on the present state of our best scientific and practical knowledge. As the information herein is of a general nature, no assumption can be made as to a product's suitability for a particular use or application and no warranty as to its accuracy, reliability or completeness either expressed or implied is given other than those required by Commonwealth or State legislation. The owner, his representative or the contractor is responsible for checking the suitability of products for their intended use.

NOTE

This internet version is current as set at 3.9.98. Please check with MBT if you need to confirm if an update is available. Field service where provided, does not constitute supervisory responsibility. Suggestions made by MBT either verbally or in writing may be followed, modified or rejected by the owner, engineer or contractor since they, and not MBT (Australia) are responsible for carrying out procedures appropriate to a specific application.

MBT (Australia) Pty. Limited

Incorporated in NSW A.C.N. 000 450 288
Head Office:
11 Stanton Road
Seven Hills, NSW 2147

Phone: (02) 9624 4200
Fax: (02) 9624 7681

Newcastle (02) 4961 3819
Canberra (02) 6280 6010
Brisbane (07) 3265 6611
Townsville (07) 4774 7344
Cairns (07) 4033 0624
Melbourne (03) 9569 4855
Tasmania (0412) 392 397

Adelaide (08) 8260 6511
Perth (08) 9353 6622
Darwin (08) 8984 3269
Kalgoorlie (0412) 345 434

MBT (New Zealand)

Head Office:
138 St Georges Road
Avondale, Auckland

PO Box 19-450 Phone: (09) 828 2006
Avondale, Auckland Fax: (09) 828 6087
Building Tomorrow Together

SKW-MBT
CONSTRUCTION CONSULTANTS

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

This MSDS summarises our best knowledge of the health and safety hazard information of the product and how to safely handle and use the product in the workplace. Each user should read this MSDS and consider the information in the context of how the product will be handled and used in the workplace including in conjunction with other products. If clarification or further information is needed to ensure that an appropriate risk assessment can be made, the user should contact this company. Our responsibility for products sold is subject to our standard terms and conditions, a copy of which is sent to our customers and is also available on request. All information contained in this MSDS is as accurate and up-to-date as possible. No warranty expressed or implied is made as to its accuracy, reliability or completeness.

STATEMENT OF HAZARDOUS NATURE Hazardous according to criteria of Worksafe Australia

COMPANY DETAILS

Company : MBT (Australia) Pty. Limited A.C.N. 000 450 288
Address : 11 Stanton Road, Seven Hills, NSW 2147
Telephone Number : 02 - 9624 4200
Emergency Telephone Number : 0417 658 263, 0438 988 699

IDENTIFICATIONS

Product Name : **FLOW CABLE**
Other Name : none allocated
Manufacturer's Product Code : 11902
UN Number : none allocated
Dangerous Goods Class : none allocated
Subsidiary Risk : none allocated
EPG Card : none allocated
Shipping Name : none allocated
Hazchem Code : none allocated
Poisons Schedule : none allocated

USE

Major Recommended uses : Shrinkage compensating powder admixture.

PHYSICAL DESCRIPTION / PROPERTIES

Appearance : Cement grey powder
Boiling Point (°C) : >200
Melting Point (°C) : not available
Vapour Pressure @ 25°C (Pa) : not applicable
Specific Gravity : 2.0 approx.
Flashpoint (°C) : not applicable
Flammability Limits (%) : UEL - not applicable
LEL - not applicable
Solubility in Water : Insoluble

OTHER PROPERTIES

pH (1:1 mixture) : >11

INGREDIENTS

Chemical Name	CAS Number	Proportion
Quartz filler blend	14808-60-7	10-30%
Cement, Portland	65997-15-1	10-30%
* Non hazardous ingredients		to 100%

* Non hazardous ingredients are exempted according to NOHSC and SUSDP Standards.

HEALTH HAZARD INFORMATION

HEALTH EFFECTS

Acute

- Swallowed : Swallowing can result in irritation and burns to mouth and stomach.
- Eye : The dust is abrasive and irritating to the eyes and may be capable of causing corneal scarring.
- Skin : Slight irritant and may cause dermatitis. In the presence of moisture such as perspiration it can dry skin and cause alkali burns.
- Inhaled : The dust is harmful and irritating to the upper respiratory tract and lungs. The material presents a hazard from repeated exposures over long period.

- Chronic : Overexposure to respirable dust may cause coughing, wheezing, difficulty in breathing and impaired pulmonary function. Chronic symptoms include decreased vital lung capacity and chest infections. Chronic exposure may cause silicosis, a disabling form of pneumoconiosis, which leads to fibrosis.

FIRST AID

- Swallowed : Do NOT induce vomiting. Wash mouth with water and seek medical attention.
- Eye : While holding eyes open, gently flood with plenty of fresh water for 15 minutes. If irritation persists or recurs seek medical attention. Removal of contact lenses after an eye injury should only be undertaken by skilled personnel.
- Skin : Wash contacted area thoroughly with soap and plenty of water. Seek medical attention in event of irritation.
- Inhaled : Remove to fresh air. Lay patient down and rest.
- First Aid Facilities : Ensure availability of clean water for eye/skin wash.
- Advice to Doctor : Treat symptomatically.

PRECAUTIONS FOR USE

- Exposure Standards - TWA : 0.1mg/m³
- Engineering Controls : Use in well-ventilated area. Avoid generating and inhaling dusts.

PERSONAL PROTECTION

- Respirator Type (AS/NZS 1716) : Class P1 or Dust mask
- Glove Type (AS2161) : Nitrile rubber or PVC gauntlets
- Eye Protection : Chemical worker's goggles
- Clothing : Overalls
- Other : Use barrier creams to protect skin from contact with the material. Always wash hands before smoking, eating, drinking or using the toilet and after finishing work. Observe the usual precautions when handling chemicals.

FLAMMABILITY

- Fire Hazards : none
- Sources of Ignition Advice : none

SAFE HANDLING INFORMATION

STORAGE AND TRANSPORT

Location : Store in a cool, dry area.
Temperature Conditions : 5 to 35°C
Protection from Weather : Store undercover and away from moisture.
Storage Incompatibilities : Strong oxidising agents, acids and alkalis.

SPILLS AND DISPOSAL

Clean Up Spills / Leaks : Vacuum or sweep up. Avoid generating dust.
Dispose - Secure Landfill : Yes
Dispose - High Temp Incinerator : No
State / Territory Authority : Observe all Federal, State and Local regulations.
Precautions for Clean Up Crew : Nitrile rubber gloves and dust mask.

FIRE / EXPLOSION HAZARD

Hazard of Use / Storage : Stable under normal storage and application temperature.
List of Dangerous Decomposition
or Combustion Products : Fuses on heating.
Types of Extinguisher : Foam, CO₂ and Dry Chemical.
Precautions : none
Protective Clothing : none
Reactivity : none
Hazchem Code : none allocated

OTHER INFORMATION

Ecology : Do not discharge into sewers unless connected to a waste water treatment plant.
R Phrase(s) : none allocated
S Phrase(s) : none allocated

CONTACT POINT

Title : Development Chemist
Telephone Number : 02 - 9674 6675 Technical Centre
0417 658 263, 0438 988 699 After hours

POISONS INFORMATION CENTRE

Telephone Number : 131 126

PUENTES CONSTRUIDOS EN EL SALVADOR CON VIGAS POSTENSADAS

NOMBRE DEL PROYECTO	UBICACIÓN	EMPRESA CONSTRUCTORA	EMPRESA SUPERVISORA	AÑO
UNICENTRO - SAN MARTIN (ACCESO A COL. SAN JOSE)	En Soyapango, sobre Carretera CA-1 (San Salvador - San Miguel)	ASTALDI - COLUMBUS	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1995
PASO A DESNIVEL EN INT. BOULEVARD VENEZUELA Y AV. CUBA	San Salvador	SIMAN, S.A. DE C.V.	C. LOTTI	1999
PASO A DESNIVEL EN INT. BOULEVARD VENEZUELA Y AV. CUSCATLAN	San Salvador	SIMAN, S.A. DE C.V.	C. LOTTI	1999
PASO A DESNIVEL EN INT. BOULEVARD VENEZUELA Y 49 AV. SUR	San Salvador	CASTANEDA INGENIEROS	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1998
PASO A DESNIVEL EN INT. BOULEVARD VENEZUELA Y 25 AV. SUR	San Salvador	CASTANEDA INGENIEROS	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1999
PASO A DESNIVEL EN INT. DEL HERMANO LEJANO	San Salvador	URBEC, S.A. DE C.V.	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1999
PASO A DESNIVEL EN ACCESO A BANCO AGRICOLA EN SANTA TECLA	Santa Tecla, La Libertad	CASTANEDA INGENIEROS	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1999
PASO A DESNIVEL EN INT. ALAMEDA JUAN PABLO II Y 49 AV. SUR	San Salvador	IMPREGILLO	LOUIS BERGER INTERNATIONAL INC.	1999
PASO A DESNIVEL EN INT. 1a. CALLE PONIENTE Y 49 AV. SUR	San Salvador	IMPREGILLO	LOUIS BERGER INTERNATIONAL INC.	1999
PASO A DESNIVEL EN INT. ALAMEDA ROOSVELT Y 49 AV. SUR	San Salvador	IMPREGILLO	LOUIS BERGER INTERNATIONAL INC.	1999
PASO A DESNIVEL EN INT. 6a - 10a CALLE PONIENTE Y 49 AV. SUR	San Salvador	IMPREGILLO	LOUIS BERGER INTERNATIONAL INC.	1999
PASO A DESNIVEL EN INT. 59 AV. SUR Y BOULEVARD LOS PROCERES	San Salvador	IMPREGILLO	ROBERTO SALAZAR	1999
PASO INFERIOR EN INT. BOULEVAR VENEZUELA Y 59 AV. SUR	San Salvador	IMPREGILLO	ROBERTO SALAZAR	1999
PUENTE SOBRE QUEBRADA ARENAL MONSERRAL Y 59 AV. SUR	San Salvador	IMPREGILLO	ROBERTO SALAZAR	1999
PUENTE SOBRE QUEBRADA LA MASCOTA Y 59 AV. SUR	San Salvador	IMPREGILLO	ROBERTO SALAZAR	1999
BY PASS DE SONSONATE (ENTRADA)	Sonsonate (Carretera La Cuchilla - Sonsonate)	CONCVILES, S.A. DE C.V.	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1997
BY PASS DE SONSONATE (SALIDA)	Sonsonate (Carretera La Cuchilla - Sonsonate)	CONCVILES, S.A. DE C.V.	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1997
PUENTE SOBRE RIO CENIZO	Sonsonate (Carretera La Cuchilla - Sonsonate)	CONCVILES, S.A. DE C.V.	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1997
PUENTE SOBRE RIO SUCIO	Carretera a Santa Ana, Tramo La Cuchilla - Km. 35)	MONTECO-RE-DELCA	SCYD - MKE	1970
PUENTE SOBRE RIO AGUA CALIENTE	Carretera a Santa Ana, Tramo La Cuchilla - Km. 35)	MONTECO-RE-DELCA	SCYD - MKE	1970
PUENTE KM. 35	Carretera a Santa Ana, Tramo Km. 35 - El Portezuelo)	DL HARRISSON	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1972 - 1974
PUENTE EL CONGO	Carretera a Santa Ana, Tramo Km. 35 - El Portezuelo)	DL HARRISSON	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1972 - 1974
PUENTE SOBRE RIO JIBOA	Sobre Carretera CA-2, La Paz	ARCO INGENIEROS, S.A. DE C.V.	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1982
PUENTE SOBRE RIO JALPONGA	Sobre Carretera CA-2, La Paz	ARCO INGENIEROS, S.A. DE C.V.	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1982
PUENTE SAN BARTOLO	San Salvador (Ilopango) sobre Carretera CA-1	DL HARRISSON	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1980
PUENTE BOULEVARD LAS PAVAS	San Salvador (Ilopango) sobre Carretera CA-1	DL HARRISSON	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1980
PUENTE SAN MARCOS	Sobre Carretera Autopista a Comalapa (San Marcos)	AGROMAN (ESPAÑA)	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1978- 1982
PUENTE INT. SANTO TOMAS	Sobre Carretera Autopista a Comalapa (Santo Tomas)	AGROMAN (ESPAÑA)	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1978- 1982
PUENTE INT. OLOCUILTA	Sobre Carretera Autopista a Comalapa (Olocuilta)	AGROMAN (ESPAÑA)	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1978- 1982
PUENTE CALLE LITORAL	Sobre Carretera Autopista a Comalapa (Comalapa)	AGROMAN (ESPAÑA)	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1978- 1982
PUENTE AEROPUERTO	Sobre Carretera Autopista a Comalapa (Comalapa)	AGROMAN (ESPAÑA)	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1978- 1982
PUENTE SOBRE RIO ACELUATE (De doble voladizo)	Sobre Carretera CA:4 Troncal del Norte	NORTEÑOS MANCIA QUINTANILLA	C.E.L.	
PUENTE SOBRE RIO LEMPA (De doble voladizo)	Sobre Carretera CA:4 Troncal del Norte	NORTEÑOS MANCIA QUINTANILLA	C.E.L.	
PUENTE SOBRE NIVEL DE CARRETERA ZACATECOLUCA	Zacatecoluca, La Paz	ARCO INGENIEROS, S.A. DE C.V.	CONSULTORA TECNICA, S.A. DE C.V.	1978
Comalapa (Caminos Secundarios)				
PUENTE SAN ANTONIO S/Carretera Zacatecoluca-Usulután	La Paz	HAZAMA-GUMI	Nippon-Koei	1992
PUENTE PALO-SECO S/Carretera Zacatecoluca-Usulután	La Paz		Nippon-Koei	1992
PUENTE QUEBRADA SECA S/Carretera Zacatecoluca-Usulután	La Paz		Nippon-Koei	1992
PUENTE TAHUILAPA	Ruta Regional CA-12, CA-4	ING. EMILIO PUENTE (PUENTISA)	N.H.A. Compañía de Ingenieros	1978
PUENTE SOBRE RIO LEMPA	Ruta Regional CA-12, CA-4	EDISAL (No se finalizó)	N.H.A. Compañía de Ingenieros	1981

* PUENTE DE VIGAS CAJON

GRAFICA DE CALIBRACION DE MAQUINA UNIVERSAL

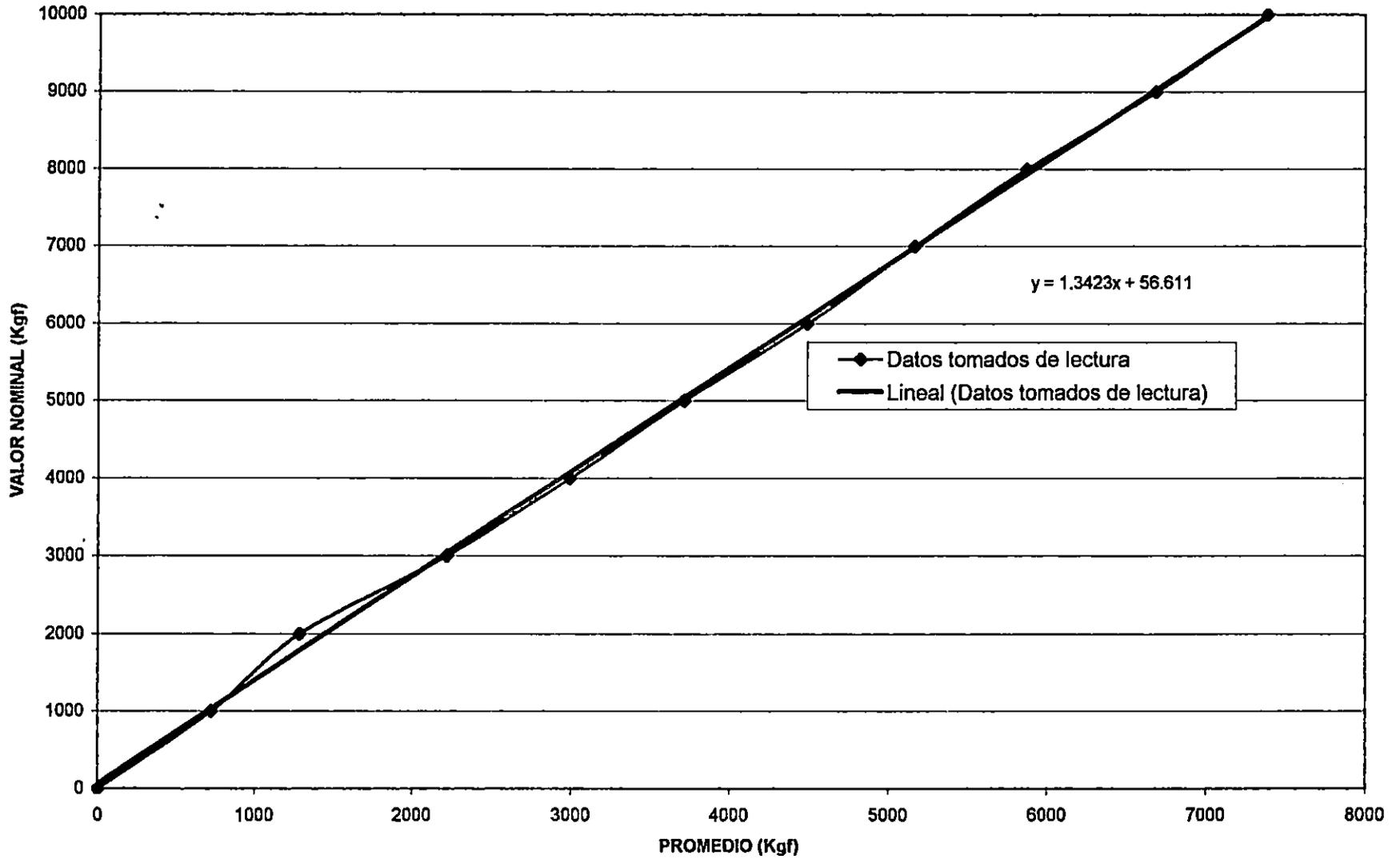
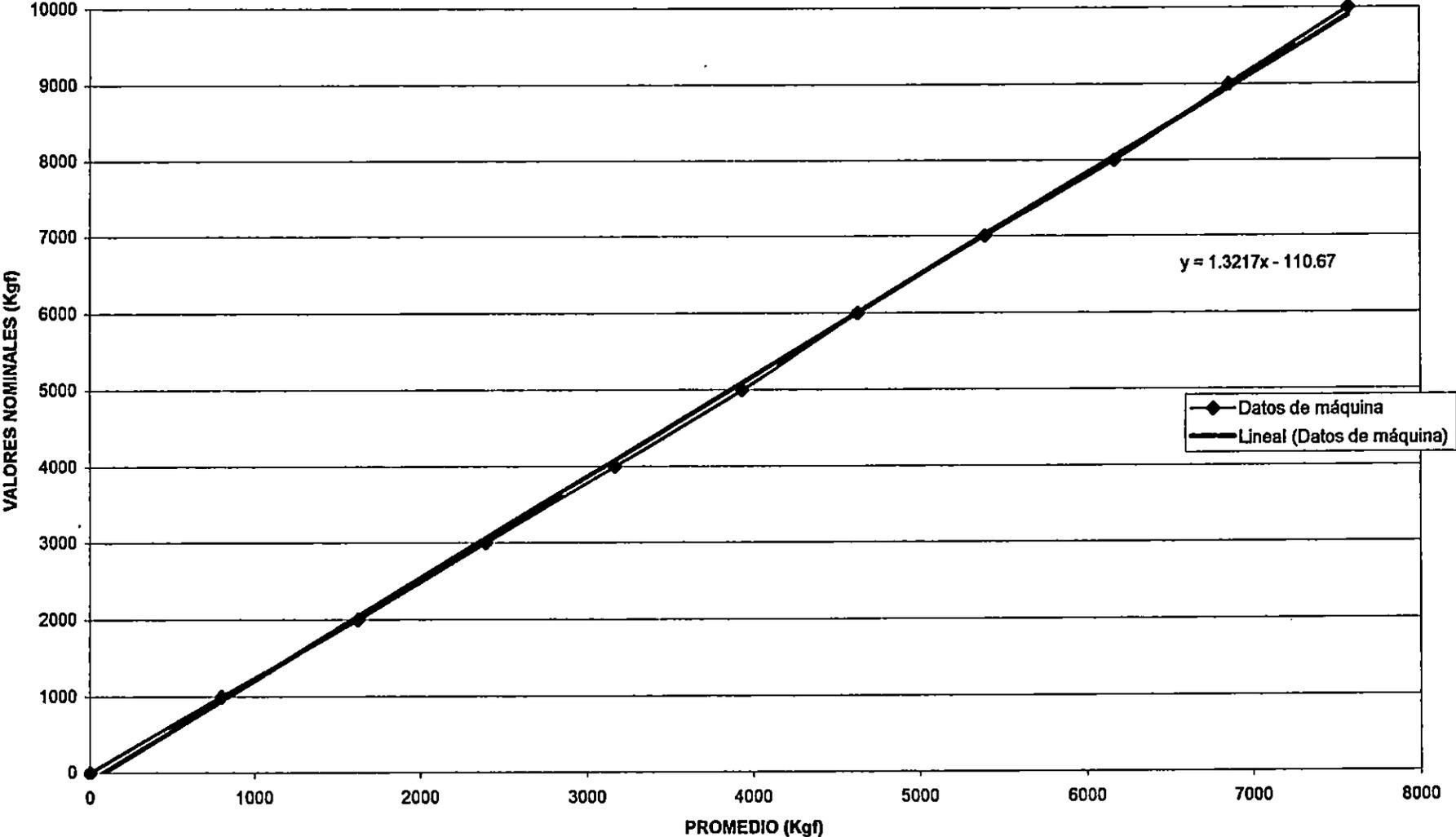


GRAFICO DE CALIBRACION DE MAQUINA VERSATESTER



GLOSARIO

ASTM C-29	Método Estándar de Prueba para Peso Unitario y Vacíos en Agregados
ASTM C-40	Método Estándar de Prueba para Determinar Impurezas Orgánicas del Agregado Fino
ASTM C-109	Método de Prueba para Determinar la Resistencia a la Compresión de Cubos de Cemento Hidráulico
ASTM C-114	Método Estándar de Prueba para el Análisis Químico del Cemento Hidráulico (Prueba de Ignición)
ASTM C-125	Terminología relacionada con Concreto y Agregados de Concreto
ASTM C-128	Método Estándar de Prueba para la Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino
ASTM C-136	Método Estándar de Prueba para Análisis Granulométrico del Agregado Fino y grueso
ASTM C-150	Especificación Estándar para el Cemento Portland
ASTM C-187	Método de Prueba para Determinar la Consistencia Normal del Cemento Hidráulico
ASTM C-188	Método Estándar de Prueba para la Gravedad Específica del Cemento
ASTM C-191	Método Estándar de Prueba para Determinar el tiempo de Fraguado del Cemento Hidráulico con la aguja de Vicat

ASTM C-305	Práctica Estándar para el Mezclado Mecánico de Pastas de Cemento Hidráulico y Morteros de Consistencia Plástica
ASTM C-404	Especificación Estándar de Agregado para fabricar Lechada
ASTM C-618	Especificación Estándar para Cenizas Volantes de Carbón ó Puzolanas Naturales Calcinadas ó Crudas para usarlas como Aditivo Mineral en el Concreto de Cemento Portland
ASTM C-778	Especificación para Arena Estándar
ASTM C-939	Método de Ensayo Estándar para Flujo de Lechada de Concreto de Agregado Precolado (método del Cono de Fluidéz)
ASTM C-1107	Especificación Estándar para Empaquetado en Seco de Lechadas Cemento Hidráulico(Anticontracción)
ACI – 301	Por sus siglas “ Instituto Americano del Concreto”, establece especificaciones para el Concreto Estructural, la Sección 9 contiene CONCRETO PRESFORZADO
ACI – 318	Código de Construcciones, en la Sección 18.16 contiene lo relacionado a LECHADA PARA TENDONES DE PRESFUERZO ADHERIDOS
ADITIVO	Sustancia que se agrega a otras para mejorar sus cualidades o darles otras nuevas
H R W R	Reductor de Agua de Alto Rango
LECHADA	Conocido también como Mortero Fluido, consiste en una Mezcla de Cemento ó Materiales Cementantes, Agregado Fino, Aditivos y suficiente agua para que pueda ser fluida y fácilmente colocada sin obtener segregación

SANGRADO

Es la Formación de una Capa de Agua por encima de un Mortero o, de una Lechada recién colocada, causada por Sedimentación (asentamiento) de las Partículas Sólidas (Cemento y Cualquier Agregado) y la Simultánea Migración hacia arriba del Agua

TIXOTROPIA

Es la propiedad de una mezcla de mantenerse fluida cuando está en agitación y de aglutinarse al mantenerse en reposo, este fenómeno puede ser reversible en algunos casos.